

BMBF-Förderschwerpunkt
„Nanomobil“
Projektträger: Verein Deutscher Ingenieure - Technologiezentrum

Verbundprojekt:

„Nanoskalierte Funktionsoberflächen auf komplexen Bauteilen für Automobile auf Basis plasmagestützter Verfahren“

Akronym: NanoTex
Förder-Kennz. 13N9165

Teilvorhaben:
„Schichtcharakterisierung und Bewertung der plasmatechnisch ausgerüsteten Textilien vor und nach einsatzspezifischer Exposition“

Laufzeit: 01.01.2007 bis 31.12.2010

Antragssteller:
DWI an der RWTH Aachen e.V.
Pauwelsstr. 8
52056 Aachen

Zusammenfassung

Die Plasmatechnologie, die schon heute eine Vielzahl von Verfahren in der Nanotechnologie erschließt, soll in den automobilen Bereich auf komplexe textile Bauteile für nanoskalierte Funktionsoberflächen übertragen werden. Dünne Schichten (ca. 100nm dick) von siliciumorganischen (Si-org.) bzw. Fluorcarbon-Schichten (FC) verleihen dem darunterliegenden Textilgewebe außergewöhnliche Oberflächeneigenschaften. Sie können sowohl im Außenbereich z. B. als Carbioverdeckstoffe aber auch im Innenbereich z. B. als Sitzbezugsstoffe oder Fahrzeughimmel Eingang finden.

Im Rahmen des Projektes wurden nach Auswahl geeigneter Ober- und Unterstoffe zunächst die Si-org. und FC-Schichten auf Si-Wafern untersucht, ihre Oberflächeneigenschaften bestimmt und ihre Oberflächenzusammensetzung mittels XPS analysiert. Beide Schichtarten zeigen sehr niederenergetische d. h. sehr gut wasserabweisende Oberflächen (F-C-Schicht: ca. 8,5mN/m und Si-org. Schicht: ca. 20 mN/m). Anschließend wurden die Gewebe mit Si-org. und FC-Schichten ausgerüstet und diese nach textiltechnischen Beanspruchungen auch mittels oberflächenanalytischen Methoden charakterisiert. Die Bewertung der beschichteten Gewebe erfolgte direkt im Vergleich zu einem industriellen Standardgewebe, bei dem seinerseits eine herkömmliche Fluorcarbon-Ausrüstung vorgenommen wurde. Es konnte gezeigt werden, dass bei einer optimal eingestellten Oberflächenfunktionalisierung, die wasser- und schmutzabweisende Eigenschaften für die plasmatechnisch aufgebraachte Fluorcarbon-Ausrüstung besser ist als der Standard und nach mechanischer Beanspruchung auch die Si-org. Plasma-Ausrüstung bessere Werte im Vergleich zum Standard zeigten. Im Vergleich zu einer konventionellen Si-org. Ausrüstung sind die Eigenschaften der plasmatechnisch aufgebraachten Si-org. Schicht in jeglicher Hinsicht besser. Die Erzeugung von nanoskaligen Oberflächen spielt und wird zukünftig in steigendem Maße in vielen technologischen Bereichen eine immer größere Rolle spielen. Technische Textilien könnten von diesen Ergebnisse profitieren, wie z. B. der Bereich Filter- und Medizintechnik aber auch der große Markt der LKW- und Zeltplanen, die mit einem steigenden Anforderungsprofil nach besseren Lösungen suchen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Teil I	
1 Aufgabenstellung des Teilprojektes	1
1.1 Thema des Teilvorhabens.....	1
1.2 Ziele des Teilvorhabens	1
2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	1
3 Planung und Ablauf des Vorhabens	2
3.1 Eingrenzung der Behandlungsparameter unter besonderer Berücksichtigung der Gebrauchseigenschaften	2
3.2 Reproduzierbarkeit der Ausrüstung und Schichtcharakterisierung	3
4 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung	4
5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
Teil II	
1 Ergebnisse und Diskussion	9
1.1 Auswahl geeigneter Unter- und Obergewebe durch Bewertung der textilen Griffeigenschaften	9
1.1.1 Griffeigenschaften und Scheuerbeständigkeit der 15 Untergewebe (UPES).....	9
1.1.1.1 Biegesteifigkeit und Biegehysterese	10
1.1.1.2 Zugkräfte und Scherkräfte	11
1.1.1.3 Zusammendrückbarkeit, Kompressionserholungsvermögen und Gewebedicke bei 0,5 cN/cm ² und 50 cN/cm ² Anpressdruck	13
1.1.1.4 Oberflächenprofil, mittlerer Reibungskoeffizient und mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten	15
1.1.1.5 Scheuerbeständigkeit der unbeschichteten Untergewebe	16
1.1.1.6 Auswahl geeigneter Untergewebe	17
1.1.2 Griffeigenschaften und Maßänderung der Obergewebe (OPAN)	19
1.1.2.1 Biegesteifigkeit und Biegehysterese	20
1.1.2.2 Zugkräfte und Scherkräfte	21
1.1.2.3 Zusammendrückbarkeit, Kompressionserholungsvermögen und Gewebedicke bei 0,5 cN/cm ² und 50 cN/cm ² Anpressdruck	23
1.1.2.4 Oberflächenprofil, mittlerer Reibungskoeffizient und mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten.....	25

1.1.2.5	Vergleich Maßänderung von Obergeweben mit 2-fach- und 3-fach Ringgarn im Schuss	26
1.1.2.6	Auswahl geeigneter Obergewebe	26
1.1.3	Dehnungswerte von unbeschichteten Unter- und Obergeweben	28
1.1.4	Charakterisierung stückgefärbter SWU-Obergewebe	29
1.1.4.1	Bestimmung der Wasser- und Alkoholabweisung von gefärbten SWU-Obergeweben	30
1.1.4.2	Bestimmung der Ölabweisung von gefärbten SWU-Obergeweben	31
1.1.4.3	Reibechtheiten trocken und nass an gefärbten SWU-Obergeweben	32
1.2	Oberflächenanalytische Charakterisierung von Si-org. und FC-Schichten auf Si-Wafern	33
1.2.1	Einleitung	33
1.2.2	Erste oberflächenanalytische Untersuchungen von FC-Schichten (XPS)	35
1.2.3	Kontaktwinkel, Oberflächenenergien, Schichtdicken von FC-Schichten	36
1.2.4	Oberflächenanalytische Untersuchungen von Si-org. Schichten (XPS) Vergleich zweier Plasmasysteme, Homogenität der Beschichtung	38
1.2.5	Kontaktwinkel und Oberflächenenergien von Si-org. Schichten	39
1.2.6	Erste oberflächenanalytische Untersuchungen von FC-Schichten auf Geweben	41
1.3	Schichtstabilität von Untergeweben mit Si-org. Schichten	42
1.4	Bewertung von Obergeweben mit Si-org. Schichten	44
1.4.1	Schichtstabilität der Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung	45
1.4.2	Gewebeindex der Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung	46
1.4.3	Luftdurchlässigkeit der Obergewebe mit und ohne Si-organischer Beschichtung	47
1.4.4	Veränderungen der Oberflächen der Obergewebe mit Si-org. Beschichtung nach mechanischer Belastung von 50.000 Scheuertouren	48
1.5	Bewertung von Ober- und Untergeweben mit Si-org. Beschichtungen nach vorheriger Aerosol-Bedampfung	50
1.5.1	Schichtstabilität von Ober- und Untergeweben mit Si-org. Beschichtung nach vorheriger Aerosol-Bedampfung	51
1.5.2	Tiefenwirkung von Si-org. Plasma bei der Ausrüstung von dichtem Gewebe (4-lagig)	51
1.5.3	Tiefenwirkung von Si-org. ausgerüstetem Vliesgewebe (20-lagig)	54
1.6	Bewertung von SWU Verbundgeweben mit Beschichtungen (Visiotex)	54
1.6.1	Schichtstabilität von SWU Verbundgeweben mit konventionellen Si-org. Beschichtungen	54

1.6.2	Ölabweisungstest an SWU Verbundgeweben mit konventionellen Si-org. Beschichtungen	55
1.6.3	Oberflächenanalytische Charakterisierung von konventionellen Si-org. Beschichtungen auf SWU Verbundgeweben	56
1.7	Bewertung der Karmann-Standard-Verbundgewebe mit FC-Schichten	57
1.7.1	Schichtstabilität der Karmann-Standard-Verbundgewebe mit FC-Schichten	57
1.7.2	Oberflächenanalytische Charakterisierung von FC-ausgerüsteten Geweben vor und nach mechanischer Beanspruchung	58
1.8	Bewertung von SWU-Verbänden mit FC-Schichten (Fa. Diener)	64
1.8.1	Schichtstabilität der SWU-Verbände mit FC-Schichten	65
1.8.2	Ölabweisung der SWU-Verbände mit FC-Schichten	66
1.8.3	Oberflächenanalytische Charakterisierung unbeschichteter und beschichteter Gewebe vor und nach mechanischer Behandlung	66
1.9	Anschmutz- und Waschstraßentest an Ober- und Untergeweben mit Si-org. Beschichtungen	68
1.10	Säurestabilität von FC-Beschichtungen	71
1.11	Untersuchungen zum Einfluss der Avivagen auf das Haftvermögen applizierter Si-org. und FC-Schichten auf Verbundgeweben	73
1.12	Unegal gefärbte Verbundgewebe	74
1.13	Experimenteller Teil	75
2	Verwendung der Zuwendung	90
3	Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	90
4	Zahlenmäßiger Nachweis der wichtigsten Positionen	91
5	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	91
6	Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	91
7	Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	93
8	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses	93

Teil I

1 Aufgabenstellung des Teilprojektes

1.1 Thema des Teilvorhabens

„Schichtcharakterisierung und Bewertung der plasmatechnisch ausgerüsteten Textilien vor und nach einsatzspezifischer Exposition“

Dieses Teilvorhaben ist Bestandteil des Verbundprojektes

„Nanoskalierte Funktionsoberflächen auf komplexen Bauteilen für Automobile auf Basis plasmagestützter Verfahren“.

1.2 Ziele des Teilvorhabens

Ziel des Gesamtverbundes ist die Beschichtung von ebenen und komplex geformten dreidimensionalen textilen Bauteilen für den Einsatz im Fahrzeuginnen- und -außenbereich im Niederdruckplasma (ND). Wesentliche Zielrichtungen sind dabei die Herstellung schmutzabweisender, abriebbeständiger und leicht zu reinigender Cabriovertische und textiler Innenraumteile. Abgesehen von der Erzeugung einer möglichst niederenergetischen Oberfläche müssen die Beschichtungen grundsätzlich musterungsneutral sein, d.h. sie dürfen den Farbton durch ihre Eigenfarbe, die im Plasma emittierte UV-Strahlung und durch Umwelteinflüsse im Einsatz (u. a. Strahlung, Temperatur) nicht verändern. Darüber hinaus müssen die Beschichtungen beständig sein gegenüber Klimawechselbelastungen, Verschmutzungen, Reinigungsmitteln und Kraftstoffen sowie mechanischen Einflüssen, insbesondere gegenüber Abrasion sowie Knick- und Biegebeanspruchungen. Abgesehen von der Sicherstellung einer ausreichenden Haftung zwischen Faser und Beschichtung stellen die geforderten mechanischen Eigenschaften sowohl hohe Anforderungen an die Schichthärte als auch an die Flexibilität der aufgetragenen Schicht. Das Erfüllen dieser prinzipiell widersprüchlichen Eigenschaftsprofile erfordert die Erarbeitung einer Kompromisslösung für die abzuschneidende Schicht, die einerseits zum Schutz vor abrasivem Verschleiß eine ausreichende Oberflächenhärte erfordert, andererseits hinreichend flexibel sein muss, um Knick- und Biegebeanspruchungen des Faserverbundes dauerhaft folgen zu können. Weitere wichtige Anforderungen an textile Karosserieaußen- und -innenteile sind die Sicherstellung einer hinreichenden Ausrüstungshomogenität über die gesamte Fläche der Bahnware bzw. Außenfläche des Bauteils. Die Ausrüstung von dreidimensionalen Bauteilen erfordert darüber hinaus eine hinreichende Tiefenwirkung des Prozesses, die aufbauend auf den Erfahrungen des DWI neben dem Behandlungsdruck vor allem von der Luftdurchlässigkeit des textilen Materials und der Expositionszeit des Substrats im Plasma abhängt. Das Erreichen der geforderten Kraftstoffabweisung erfordert voraussichtlich die Herstellung niederenergetischer Schichten durch eine ausschließliche und/oder zusätzliche Behandlung im Fluorcarbonplasma (FC-Plasma). Da bei Einsatz fluorcarbonhaltiger Reaktionsgase Fluorwasserstoff entstehen und an der großen Textiloberfläche adsorbieren kann, ist es aus ökotoxikologischen Gründen notwendig, die Behandlung im Fluorcarbonplasma so zu führen, dass eine HF-Kontamination des Substrates sicher ausgeschlossen werden kann.

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im April 2009 schied der Cabrio-Spezialist Karmann aus dem Forschungsverbund aufgrund seiner Insolvenzanmeldung aus, so dass hinsichtlich der geplanten Praxisversuche Vakanzen auftraten, die überwiegend durch die Projektpartner übernommen werden konnten. Jedoch konnten gerade die geplanten Klimawechselbeanspruchungen (Temperaturwechsel, Nass-

Trockenwechsel; Licht) und Alterungsversuche bei der Fa. Karmann nicht durchgeführt werden. Eine Verlängerung der Vorhabensdauer ergab sich auch durch ein nicht erwartetes Problem der unegal Färbung von Geweben. Hier wurde zunächst ein neuer Färber gesucht, der aber ebenfalls das Problem der ungleichmäßigen Färbungen nicht in den Griff bekam, so dass im Weiteren zusätzliche Untersuchungen notwendig wurden, um die Fehlerquelle einzugrenzen. Während zur Auswahl geeigneter Unter- und Obergewebe ausreichend Material zur Verfügung stand, wurde zur Charakterisierung der Si-org.- bzw. FC-ausgerüsteten Gewebe nur begrenzt Material zur Verfügung gestellt, so dass wir uns auf die wichtigsten Untersuchungen beschränken mussten. Dies waren neben der Bestimmung der Schichtstabilität (Martindale-Scheuertest), die Wasser-/Alkoholabweisung, die Ölabweisung sowie die Charakterisierung der funktionalen Schichten vor und nach mechanischen Beanspruchungen.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

An Automobil- und -exterieur werden hohe Anforderungen gestellt, da sie über einen Zeitraum von mehreren Jahren starken Belastungen durch Bestrahlung, Wärme, Kälte, Verschmutzung und mechanische Beanspruchung ohne signifikante Beeinträchtigung der Optik, Haptik und Gebrauchseigenschaften standhalten müssen. Deshalb stellt die Bewertung der ausgerüsteten textilen Fläche bzw. des Halbzeugs vor und nach Exposition in einsatzspezifischer Umgebung einen zentralen Arbeitsschwerpunkt des Teilprojektes dar. Schwerpunkte bilden dabei sowohl die Textilprüfung als auch die Oberflächenanalyse, Mikroskopie und ggfs. chemische Analyse.

3.1 Eingrenzung der Behandlungsparameter unter besonderer Berücksichtigung der Gebrauchseigenschaften

Im Rahmen des Verbundprojektes sollten mit der plasmagestützten Abscheidung von Fluorcarbonschichten (FC) und siliziumorganischen Schichten (Si-org.) zwei verschiedene Plasmapolymertypen auf dem Textil abgeschieden werden. Um den daraus resultierenden Analysenumfang im Rahmen des Projektes bewältigen zu können, war die Durchführung einer stufenweisen Bewertung des Ausrüstungsergebnisses vorgesehen mit dem Ziel, in engem Austausch mit den Kooperationspartnern Karmann, Diener, SWU und IFAM die Behandlungsparameter unter spezieller Berücksichtigung des geforderten Eigenschaftsprofils für Automobiltextilien systematisch einzugrenzen. Zu einer ersten Einschätzung des Ausrüstungsergebnisses wurden dazu zunächst Schnelltests herangezogen, deren Ergebnisse der Eingrenzung des Parameterfensters für die verschiedenen Behandlungen dienten. Hierbei handelt es sich zum Teil um normierte Tests aber auch zum Teil um betriebsspezifische Tests. Die Bewertungskriterien, die sowohl hinsichtlich der Probenart (Vor- und Endprodukt) als auch hinsichtlich des komplexen Eigenschaftsprofils variieren können, wurden im Verlauf des Projektes - soweit noch nicht vorhanden - von der Fa. Karmann festgelegt. Erfahrungen lagen aus der laufenden Produktion vor und flossen in das Projekt ein.

Für die Bestimmung der Wasser- und Ölabweisung wurden der DuPont-Test bzw. die AATCC-Test-Methode eingesetzt, die Anhaltspunkte für den erreichten Hydrophobierungsgrad und damit für die Güte der Kraftstoff-, bzw. der Abweisung herkömmlicher Reinigungsmittel der Ausrüstung liefern. Die daran anschließende Beurteilung der Lichtstabilität und Abriebbeständigkeit nach Martindale, Farbechtheit (nass und trocken) und Wasserdampfdurchlässigkeit wurde zur weiteren Parametereingrenzung herangezogen.

Die Ausrüstungen, die nach gemeinsamer Eingrenzung mit Karmann die einsatzspezifischen Anforderungen erfüllten, wurden anschließend einer weiteren Analyse unterzogen mit dem Ziel,

die Behandlungsbedingungen festzulegen, die ein optimales Ausrüstungsergebnis sicherstellen. Da textile Materialien nach der Plasmabehandlung zum Teil noch konfektioniert werden müssen, war darüber hinaus die toxikologische Unbedenklichkeit des Substrates speziell im Falle der Fluorcarbonausrüstungen sicherzustellen. Während aufgrund eingehender Untersuchungen im Vorfeld der Projektbeantragung davon ausgegangen werden konnte, dass im FC-Plasma behandelte Substrate nicht mit den ökotoxikologisch bedenklichen fluorierten Dibenzodioxinen und -furanen belastet sind, war nicht auszuschließen, dass sich HF auf der großen Textiloberfläche niederschlägt. Deshalb war es im Rahmen des Projektes notwendig, im FC-Plasma behandelte Textilien auf eine etwaige HF-Belastung zu prüfen. Für die Beurteilung des Anschmutzungsverhaltens wurde die bildanalytische Erfassung der anhaftenden Partikel nach definierter Anschmutzung mit Testschmutz eingesetzt.

3.2 Reproduzierbarkeit der Ausrüstung und Schichtcharakterisierung

Darauf aufbauend wurden die Ausrüstungen, die die beschriebenen Kriterien nach gemeinsamer Eingrenzung mit Karmann erfüllten, tiefgreifend mittels analytischer Messverfahren charakterisiert, wobei neben der Untersuchung am ausgerüsteten Textil speziell für die Schichtenanalyse auch entsprechend beschichtete Si-Wafer einer weitergehenden Charakterisierung unterzogen wurden. Die Untersuchungen an Si-Wafern verfolgten dabei das Ziel, die Schichtcharakterisierung zur ersten Orientierung zu vereinfachen und darauf aufbauend die weiterführende Schichtcharakterisierung am Textil vorzunehmen. Da für die erfolgreiche Ausrüstung von Cabrioverdecken auch eine tiefenwirksame Behandlung notwendig ist, wurden zusätzlich Behandlungen mehrlagiger Stapel eines textilen Flächengebildes und dessen schichtweise Analyse erforderlich.

Aufgabe der Schichtcharakterisierung, die zunächst am Si-Wafer und darauf aufbauend an einlagig und anschließend an im Stapel behandelten textilen Flächengebilden erfolgte, war es, den Einfluss der Parameter auf ihre charakteristischen Wechselwirkungen mit dem Substrat (chemische Veränderung der Substratoberfläche) und deren Auswirkungen auf die resultierenden Eigenschaften (Oberflächenrauigkeit, Benetzbarkeit gegenüber Wasser und Ölen unterschiedlicher Oberflächenspannung, Anschmutzung gegenüber Testschmutz) zu erfassen. Dazu waren neben der chemischen Charakterisierung der Substratoberfläche mittels Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS), FTIR(ATR) ggfs. Raman-Spektroskopie und die Kontaktwinkelmessung (Bestimmung der polaren und dispersen Anteile der Oberflächenenergie nach der Methode des liegenden Tropfens bzw. nach der Wilhelmy-Methode) vorgesehen. Aufgrund der mechanischen Beanspruchung des ausgerüsteten Textils im Einsatz waren darüber hinaus die Bestimmung der Schichthaftung (Rasterelektronenmikroskopie (SEM)) notwendig.

Im Hinblick auf das Projektziel war darüber hinaus die Beständigkeit der Schichten gegenüber äußeren Einflüssen ein weiteres Auswahlkriterium. Deshalb war eine entsprechende Schichtcharakterisierung ebenfalls nach gebrauchsspezifischem Einsatz wie Anschmutzungen notwendig, wobei die Beständigkeit des abgeschiedenen Plasmapolymers hinsichtlich mechanischer Belastung für die weitere Verfahrenseingrenzung herangezogen wurde. Zusätzlich zur Analyse der beanspruchten Schichten in der zuvor beschriebenen Verfahrensweise war auch die Beurteilung der textilen Eigenschaften ein weiteres Auswahlkriterium. Neben einer allgemeinen Beurteilung der Griffeigenschaften (Kawabata-System) und Dimensionsstabilität vor der Beanspruchung, waren insbesondere die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Stabilität des abgeschiedenen Plasmapolymers unter spezieller Berücksichtigung der mechanischen Stabilität hinsichtlich Zug-, und Biegebeanspruchung, der Farbe und Echtheitseigenschaften ein Auswahlkriterium.

4 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Textilien werden im Automobil im Wesentlichen im Interieurbereich eingesetzt. Die Anwendung reicht dabei vom Sitzbezug bis hin zu designorientierten Oberflächen, die bei Ablagen oder Türinnenverkleidungen eine Verwendung finden. Im Außenbereich finden Textilien eigentlich nur Anwendung bei Cabrio-Verdecken (s. g. Soft-Tops). Gerade bei hochwertigen Sportwagen werden diese den beliebter werdenden Metall-Klapp-Dächern vorgezogen. Weiterhin können Soft-Tops auch enger gefaltet werden und die Dächer benötigen nicht so viel Platz. Dadurch werden die textilen Strukturen bei Cabrio-Verdecken aber auch sehr stark beansprucht. Neben den Umgebungseinflüssen (UV-Licht, Benzindämpfe, Regen) treten starke mechanische Beanspruchungen durch Waschstraßen und aber auch die kompakte Faltung der Dächer auf.

Hier kommen im Wesentlichen zwei Materialien zum Einsatz: Polyacrylnitril (PAN) für den Außenbereich und Polyethylenterephthalat (PET, Polyester) für den Innenbereich. Diese werden als Reinmaterialien eingesetzt, ohne dass zusätzliche Oberflächenmodifikationen erfolgen. Insbesondere Plasma-Nano-Schichten für den Einsatz im Automobil sind den Antragstellern nicht bekannt.

Die Plasmatechnologie, erschließt trotzdem eine Vielzahl von Verfahren für die Nanotechnologie. Mit ihrer Hilfe kann heute bereits die abwasserfreie Ausrüstung der für die Gebrauchseigenschaften verantwortlichen (Polymer)-Oberfläche erzeugt werden. Für größere Flächen oder Stückzahlen haben sich die Verfahren aber noch nicht etablieren können, z.T. weil die Prozesstechnologien hierfür noch nicht ausgelegt sind oder einzelne Anforderungen der Automobilindustrie noch nicht erfüllt werden können. Im Wesentlichen werden Plasmabeschichtungen auf ebenen Textilien abgeschieden, wobei im besten Falle durch s. g. „Rolle zu Rolle“ – Verfahren eine produktionsgeeignete Bearbeitung möglich ist. Komplexe 3D-geformte Bauteile sind hier i. Allg. nur bei kleinen Abmessungen beschichtbar und nicht im qm-Maßstab.

Hier sind insbesondere die Schichtstabilität (sowohl die mechanische gegen abrasiven Verschleiß als auch die Langzeitstabilität der hydrophoben Wirkung) und die Resistenz gegen chemische und mechanische Beanspruchung zu nennen. Die funktionelle Ausrüstung einer textilen Fläche muss dazu in einem robusten Plasmaprozess stabil erzeugt werden können.

Während sich der Einsatz von Atmosphärendruckplasmen (AD) in einigen Bereichen bereits zu etablieren beginnt, sind Anwendungen zum gezielten Aufbau von Funktionsausrüstungen deutlich weniger weit fortgeschritten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass derartige Beschichtungen im Vergleich zur Oberflächenoxidation im Luftplasma andere Reaktionsgase benötigen und die Prozessökonomie (z.B. Nutzungsgrad der Prozessgase) bisher wenig Beachtung fand. Zusätzlich stellt der plasmagestützte Aufbau von Funktionsausrüstungen besondere Anforderungen an die Homogenität des Prozesses. Im Vergleich zum Atmosphärendruck- bietet hier das Niederdruckplasma (ND) die besseren ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen (größere Modifizierungstiefe, deutlich geringerer Gasverbrauch).

Projektrelevante Arbeiten, die sich mit der plasmagestützten Hydro-/Oleophobierung von textilen Oberflächen befassen, beschreiben sowohl die Beschichtung technischer Textilien im AD- als auch im ND-Plasma. So ist es u.a. möglich, im DBD-Plasma (Dielektrisch behinderte Entladung bei Atmosphärendruck) mit C_4F_8 als Reaktionsgas einen Oleophobierungsgrad zu erreichen, der mit Ölabweisungsnoten zwischen 6 und 7 annähernd den Ausrüstungsgrad einer nasschemischen Fluorcarbon-Applikation erreicht¹. Allerdings ist dieses Ausrüstungsergebnis eng an einen extrem geringen Warenvorschub (0,1 m/min) gekoppelt und erfordert zur Vermeidung von Kontaminationen des Reaktionsgases mit Luftsauerstoff und der Umgebungsluft mit dem Reaktionsgas bzw. dessen gasförmigen Reaktionsprodukten eine aufwendige Schleusen- und Spültechnik, was hohe Prozesskosten verursacht. Auch das BMBF hat ein Forschungsvorhaben zur „PLASMABEHANDLUNG VON TECHNISCHEN TEXTILIEN“ bei Atmosphärendruck gefördert, wo Grundlagen zum Einsatz von DBD-Plasmen erarbeitet wurden.

Darüber hinaus zeichnen sich AD-Plasmen durch geringere mittlere freie Weglängen der Plasmateilchen aus, was die Wirkungstiefe bei der Modifizierung beeinflussen kann.

Im Gegensatz zur Plasmabehandlung im Atmosphärendruckbereich zeichnet sich die Niederdruckplasmabehandlung durch eine größere mittlere freie Weglänge der Plasmateilchen und damit durch eine größere Eindringtiefe in die dreidimensionale Textilstruktur und damit eine größere Modifizierungstiefe aus. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass sich mit Hilfe der Niederdruckplasmatechnologie strukturierte Plasmapolymere geringer Oberflächenspannung auf polymeren Trägern und Textilfasern abscheiden lassen². Nahezu alle organischen Substanzen, die bei dem herrschenden Prozessdruck (0,1-10 mbar) gasförmig vorliegen, lassen sich zu einer plasmagestützten Polymerisation anregen, insbesondere auch solche Substanzen, die unter konventionellen Bedingungen nicht polymerisierbar sind, z.B. CH₄ oder CHF₃. Durch geeignete Prozessführung lassen sich dünne Polymerschichten herstellen, die sich nicht nur auf polymeren Oberflächen durch eine gute Haftung auszeichnen, sondern gleichzeitig hochvernetzt, und damit unlöslich, nicht quellbar und thermisch stabil sind.

Die Möglichkeiten einer plasmagestützten Hydrophobierung mit fluorhaltigen Monomeren wurden in der Vergangenheit vielfach beschrieben. Eingehend untersucht wurden u.a. die Trägergase Tetrafluormethan und Perfluorethan, die neben einem Ätzabtrag von der Faseroberfläche^{3,4} ein Pfropfen der polymeren Substratoberfläche mit Fluorcarbonen und damit eine Hydrophobierung bewirken. Ungesättigte organische Fluorverbindungen, z.B. C₂F₄^{5,6,7,8} oder C₃F₆^{4,5}, aber auch gesättigte fluorierte Verbindungen wie CHF₃^{3,4} oder C₆F₉⁹ bzw. cyclische fluorierte Kohlenwasserstoffe (C₄F₈)^{10,11} lassen sich im Plasma zur Polymerisation anregen. Die dabei auf ebenen Trägern aus Glas, PE, PP, PS und PMMA abgeschiedenen Schichten zeichnen sich grundsätzlich durch eine dem PTFE analoge stark ausgeprägte Hydrophobie aus^{3-12,13,14}.

Für den Aufbau von oleophoben Diffusionsspererschichten ist insbesondere der Vernetzungs- und Fluorierungsgrad¹⁵ der abgeschiedenen Schichten von Bedeutung.

Abgesehen von der Art des verwendeten Gases bzw. Gasgemisches sind dabei die Behandlungsparameter von entscheidendem Einfluss. Dies gilt insbesondere auch für die eingespeiste Leistung, die das Schichtenwachstum hauptsächlich bestimmt, das sich aus dem Verhältnis von Polymerabscheidung zu Ätzabtrag ergibt^{6,7,9}. Dabei spielt die Art der Plasmaanregung (gepulst, Dauerstrich) im Hinblick auf die chemische Struktur der abgeschiedenen Polymerfilme ebenfalls eine bedeutende Rolle. So konnte u.a. nachgewiesen werden, dass der Vernetzungsgrad der fluorhaltigen Plasmapolymere mit abnehmender Pulsfrequenz sinkt⁸.

Abgesehen von den Arbeitsparametern, durch die sich die auf der Polymeroberfläche ablaufenden Reaktionen weitgehend steuern lassen, kann durch geeignete Wahl des Arbeitsgases die Plasmapolymere gegenüber der Plasmapfropfung begünstigt werden. Dabei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Polymerisation immer dann bevorzugt ist, wenn das Verhältnis von F/C im Arbeitsgas möglichst gering ist bzw. ungesättigte fluorierte Monomere verwendet werden¹⁶. Dies wurde auch im Rahmen eines BMBF – Projektes für dünne Fluor-Kohlenstoff-Schichten nachgewiesen¹⁷.

Darüber hinaus ist auch durch Einsatz von Gasmischungen aus ungesättigten nichtfluorierten Kohlenwasserstoffen und organischen Fluorverbindungen eine Schichtabscheidung und damit eine permanente Oberflächenmodifizierung möglich. So konnten Inagaki et al. durch Verwendung von Mischungen aus Alkanen, Alkenen oder Alkinen mit Hexafluoraceton fluorierte Polymerschichten auf Polyethylenfolien abscheiden, die sich durch eine ausgeprägte Hydrophobie sowie Permanenz gegenüber äußeren Einflüssen auszeichneten¹⁵. Dies gilt in gleichem Maße für Plasmapolymere aus C₂H₄/C₂F₆, für die Labruier erstmals eine ausgeprägte Oberflächenrauigkeit und deren positiven Einfluss auf die flüssigkeitsabweisenden Eigenschaften nachweisen konnte^{18;19}. Darüber hinaus wurden auch zweistufige Verfahren erprobt, in denen ungesättigte nichtfluorierte Kohlenwasserstoffe und organische Fluorverbindungen nacheinander im Prozess verwendet wurden²⁰.

Die Firma P2i Ltd. Plasma Product Innovation hat ein Verfahren entwickelt, das dreimal geringere Oberflächenenergien ermöglicht, als PTFE. Anwendungen werden hier für Filter diskutiert.

Aber auch andere Reaktionsgase sind für die Herstellung superabweisender textiler Oberflächen in Betracht zu ziehen, z.B. im Plasma polymerisierbare siliciumorganische Verbindungen (1,1,3,3-Tetramethyldisiloxan, Hexamethyldisiloxan oder 1,3-Divinyl-1,1,3,3-tetramethyldisiloxan), die Polymerschichten mit PTFE-ähnlichen Eigenschaften liefern^{2; 4; 14; 21; 22; 23; 24}.

Beispielsweise sind kürzlich mit Hilfe von Hexamethyldisiloxan erstmals PDMS-ähnliche Plasmapolymere hergestellt worden, welche sich durch ihre niedrige Oberflächenenergie, ihre hervorragenden abweisenden Eigenschaften und ihre Flexibilität auszeichnen. Flexible, dehnfähige plasmapolymere Schichten sind insbesondere für Textilien interessant, um der Beweglichkeit solcher Werkstoffe gerecht werden zu können. Ferner sind solche Schichten unter UV-Einwirkung beständig, da sie in hohem Maße bis in den UV-Bereich transparent sind.

Sofern solche Schichten als geschlossene Schicht abgeschieden werden können, stellen sie zudem eine Schutzschicht dar, da sie nicht nur hydrolysebeständig sind, sondern auch hohe Beständigkeiten gegenüber Temperatur, Säuren und Laugen aufweisen.

Darüber hinaus finden sich industriell vermarktete Beschichtungsprozesse unter den Namen Permaclean^{PLAS}, NCT^{PLAS} und BestSkin^{PLAS}. All diese Prozesse bedienen spezielle Anwendungen im Bereich von Antihafbeschichtungen.

Siliziumorganische Prozesse sind ausgesprochen umwelt- und arbeitsplatzfreundlich. In Bezug auf die emittierten Gase müssen keine besonderen Maßnahmen getroffen werden. Die Stoffe sind preisgünstig und einfach zu beschaffen.

Bestehende Schutzrechte

Die Projektpartner halten verschiedene Patente, die teilweise die Projektinhalte betreffen. Ansonsten wurde von den Partnern versucht, ein von Ansprüchen Dritter freies Ergebnis zu erzielen.

Es existiert auf Grund der vielfältigen Forschungsarbeiten eine Vielzahl von Patenten, die spezielle Anwendungen der grundlegenden Prozessschritte beinhalten. Die Verfahrensparameter reichen dabei von der Art der Plasmaerzeugung (CW oder gepulst, Anrege-Frequenz) über die Einbringung der Prozessgase bis hin zur Art der verwendeten Prozess-Gase.

Im Bereich der Beschichtung mit Fluorpolymeren sind umfangreiche Patente von Firmen (z. B. Procter & Gamble, P2i Ltd.) oder Universitäten (verstärkt in den USA, aber auch Fraunhofer Gesellschaft) eingereicht worden. Je nach Suchparameter finden sich 100 – 500 Patente, die den Bereich der Plasma-Polymerisation mit siliziumorganischen oder Fluorcarbon-Schichten abdecken. FhG-IFAM verfügt über einige Patente im Bereich siliziumorganischer Beschichtungen, die im Umfeld der durchgeführten Arbeiten zu sehen sind. Unveröffentlichte Anmeldungen wurden hier nicht aufgeführt.

EP835332B1	Plasmapolymer-Oberflächenschicht und damit beschichteter Wärmeübertrager
EP835332B1	Plasmapolymer-Oberflächenschicht und damit beschichteter Wärmeübertrager
DE 197 48 240 A1	Verfahren zur korrosionsfesten Beschichtung von Metallsubstraten mittels Plasmapolymerisation

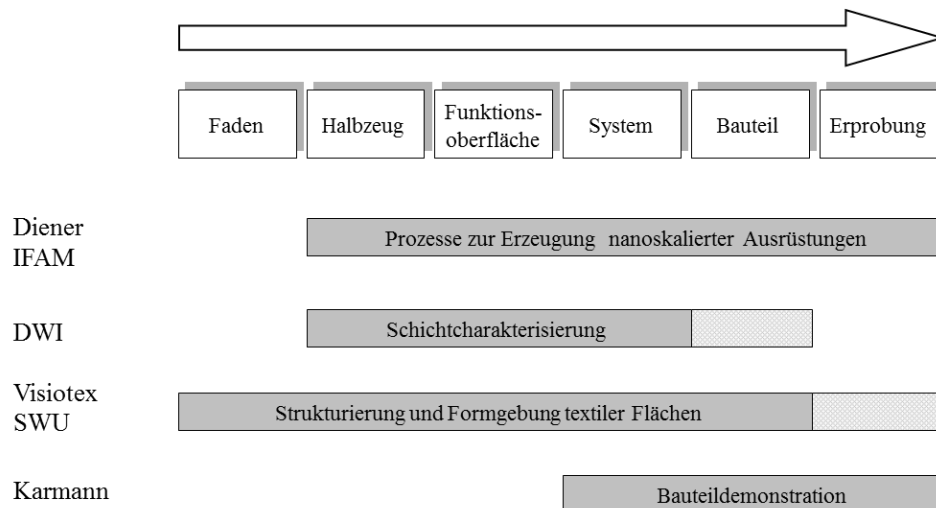
DE 100 34 737.1	Verfahren zur Herstellung einer permanenten Entformungsschicht durch Plasmapolymerisation auf der Oberfläche eines Formteilwerkzeugs, ein nach dem Verfahren herstellbares Formteilwerkzeug und dessen Verwendung
WO 2003/002269	Artikel mit plasmapolymerer Beschichtung und Verfahren zu dessen Herstellung
PCT/EP2005/052366	Erzeugnis mit Deckschicht und Abformschicht

5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Projektarbeiten wurden inhaltlich entlang der Wertschöpfungskette durchgeführt. Hier war ein integrierter Forschungsansatz geplant, wo erstmals beginnend mit der Definition der Garne, deren Verarbeitung und Ausrüstungen über die Herstellung der Gewebe bis hin zum fertigen textilen Bauteil der Plasmaprozess so verbessert werden sollte, dass die abgeschiedenen Nano-Schichten für den Einsatz im Automobil geeignet sind.

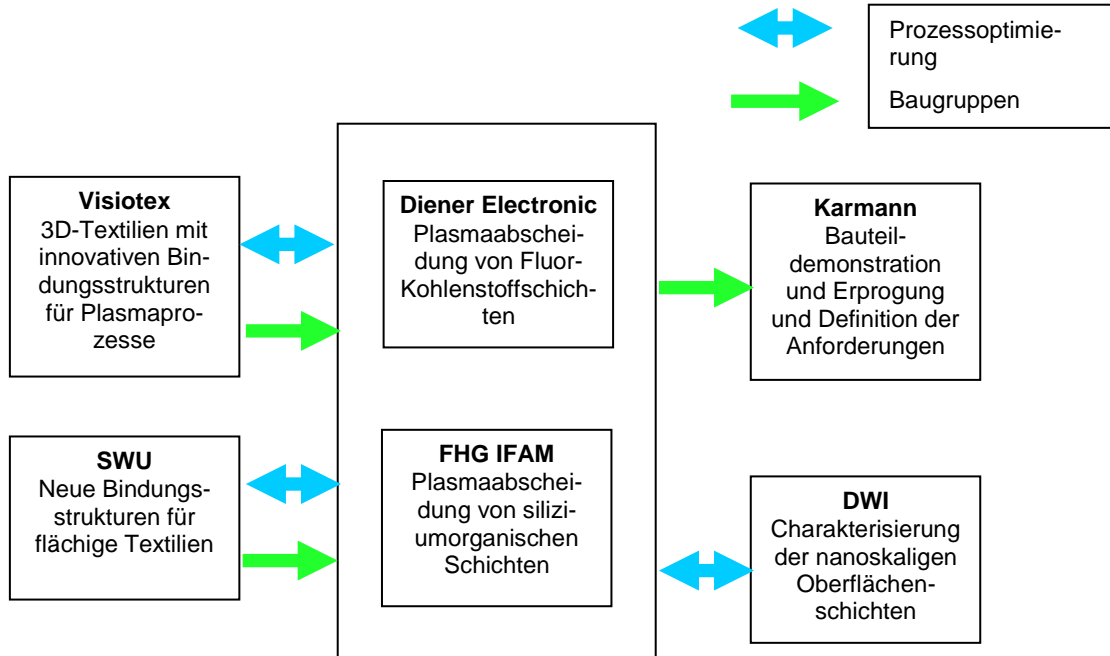
Der Einfluss vorangehender Vorverarbeitungsschritte und Ausrüstungsprozesse oder nachfolgende Bearbeitungsschritte konnte so in der Optimierung der Plasmaabscheidung berücksichtigt werden.

Die Zusammenarbeit der Partner war daher in einer Matrix organisiert, die der textilen Wertschöpfungskette vom Faden bis zum Bauteil direkt folgt.



Eine graphische Darstellung der Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Partnern im Verbund zeigt nachfolgende Graphik. Dabei wurde das DWI mit plasmabehandeltem Probenmaterial von den Partnern Diener Electronic und IFAM für die Schichtcharakterisierung und Textilanalytik beliefert. Nach Automobilspezifikation gealterte Prüflinge konnte das DWI für weiterführende Analysen nicht erhalten, da die Fa. Karmann zuvor aus den bereits in Kap. 2 beschriebenen Gründen aus dem Projektverbund ausschied. Im engen Austausch mit den Partnern Visiotex, SWU, Diener Electronic und IFAM wurde gemeinsam auf Basis der Analyseergebnisse eine

stufenweise Eingrenzung der Behandlungsparameter vorgenommen. Entsprechendes gilt auch für die Werkstoffbeurteilung in der letzten Projektphase.



Teil II

1 Ergebnisse und Diskussion

Die Darstellung der Ergebnisse des DWI ist gegliedert in die Auswahl der Unter- und Obergewebe, die Charakterisierung der plasmainduziert-abgeschiedenen Si-org.- bzw. FC-Schichten auf Si-Wafern und den Untersuchungen an Si-org. und FC-Schichten auf den Ober-, Unter- und Verbundgeweben.

1.1 Auswahl geeigneter Unter- und Obergewebe durch Bewertung der textilen Griffeigenschaften

Zunächst wurden von der Firma SWU in umfangreichen Webversuchen Unter- (aus Polyethylenterephthalat (PET); umgangssprachlich: Polyester (PES)) und Obergewebe (aus Polyacrylnitril (PAN)) für Cabrioverdecke hergestellt. Verschiedene Bindungen sowie die Schussdichten und Flächengewichte wurden variiert, um dem eingesetzten Gewebe von vornherein optimale Steifigkeits- aber auch Flexibilitätswerte zu verleihen. Zur objektiven Beurteilung der unterschiedlichen textilen Griffeigenschaften wurden am DWI mittels Kawabata die Biegeeigenschaften, Zug- und Scherkräfte, Kompressionseigenschaften und die Oberflächenbeschaffenheiten dieser Gewebe untersucht. Die ausgewählten Gewebe sollen später plasmatechnisch ausgerüstet werden. Die Untergewebe aus Polyester (PES) werden nachfolgend mit UPES und die Obergewebe aus Polyacrylnitril (PAN) mit OPAN abgekürzt.

1.1.1 Griffeigenschaften und Scheuerbeständigkeit der 15 Untergewebe (UPES)

14 verschiedene Untergewebe aus 100 % PES mit den gleichen Garnen in Kette und Schuss, jedoch unterschiedlichen Bindungen, wurden untersucht und mit dem Standarduntergewebe der Firma Karmann verglichen. In Tab.5 sind diese Gewebe mit den wichtigsten technischen Daten aufgelistet.

Tab. 1: Technische Daten der 15 Untergewebe für die Griffuntersuchungen

DWI-Nr.	SWU-Nr.	Bindung	Kettgarn	Schussgarn	Kettfadendichte in Fd/cm	Rohbreite in cm	Schussdichte in Fd/cm	Flächengewicht in g/m ²	Gewebedicke To (0,5 cN) in mm	Spezifisches Volumen in cm ³ /g
23	UPES 5	RL 1/1 (2 -1 fd)	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	161,5	17,5	214	0,57	2,66
24	UPES 6	RQ 2/1	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	166,5	23,5	250	0,65	2,60
21	UPES 3	RL 1/2 (1 und 2 fd)	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	164	23,5	248	0,64	2,58
22	UPES 4	RL 2/1 (1 und 2 fd)	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	162,5	23,5	251	0,66	2,63
19	UPES 1	K 2/1 S	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	161,6	23,5	247	0,70	2,83
20	UPES 2	K 1/2 S	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	161,6	23,5	247	0,64	2,59
25	UPES 7	K 2/1 1/2 S	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	161,3	23,5	243	0,67	2,76
26	UPES 8	K 2/2 1/1 S	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	161,6	23,5	241	0,62	2,57
27	UPES 9	Fantasie 1	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	161,5	23,5	245	0,7	2,86
28	UPES 10	Fantasie 2	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	162,5	23,5	244	0,72	2,95
31	UPES 13	Krepp	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	162,3	23,5	241	0,78	3,24
30	UPES 12	Waffel	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	162	23,5	241	0,9	3,73
32	UPES 14	Kautschuk	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	164	23,5	248	0,89	3,59
29	UPES 11	Kreuzstäbchen	250 dtex x 2, Ringgarn	420 dtex, Ringgarn	23,5	163,5	23,5	238	0,82	3,45
	Vergleichsgewebe									
36	Karmann Untergewebe PES	Kreuzstäbchen						185	0,73	3,95

Die folgenden Eigenschaften wurden als Anforderung für ein gutes Cabriooverdeck-Untergewebe identifiziert:

- geringe Gewebedicke wegen möglichst geringem Platzbedarf beim Zusammenfallen aber hohe Gewebedicke wegen Isolation (Schall, Temperatur),
- flaches Oberflächenprofil für eine geringe Anschmutzneigung,
- geringer Reibungskoeffizient für eine gute Zusammenfaltbarkeit,
- gute Erholungswerte, damit nach dem Auffalten keine Druckstellen erscheinen,
- hohe Scheuerbeständigkeit und
- geringe Maßänderung bei Klimawechselbeanspruchung wegen Passgenauigkeit

1.1.1.1 Biegesteifigkeit und Biegehysterese

Die niedrigste Biegesteifigkeit (s. Abb. 1) und Biegehysteresehöhe (s. Abb. 2) wurden für das Karmann-Untergewebe und das SWU-Gewebe mit Kautschukbindung (DWI Nr. 32), die in den Diagrammen gelb markiert sind, ermittelt. Das bedeutet, dass sich diese Gewebe leichter zusammenfallen lassen und dass die Erholungswerte nach dem Zusammenfallen besser sind als bei den anderen untersuchten Geweben.

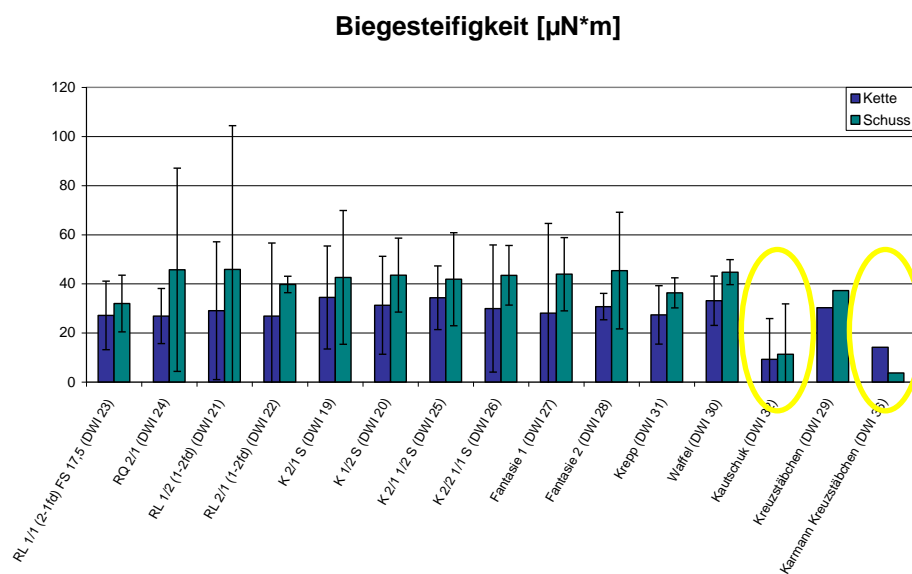


Abb. 1: Biegesteifigkeit der 15 Untergewebe

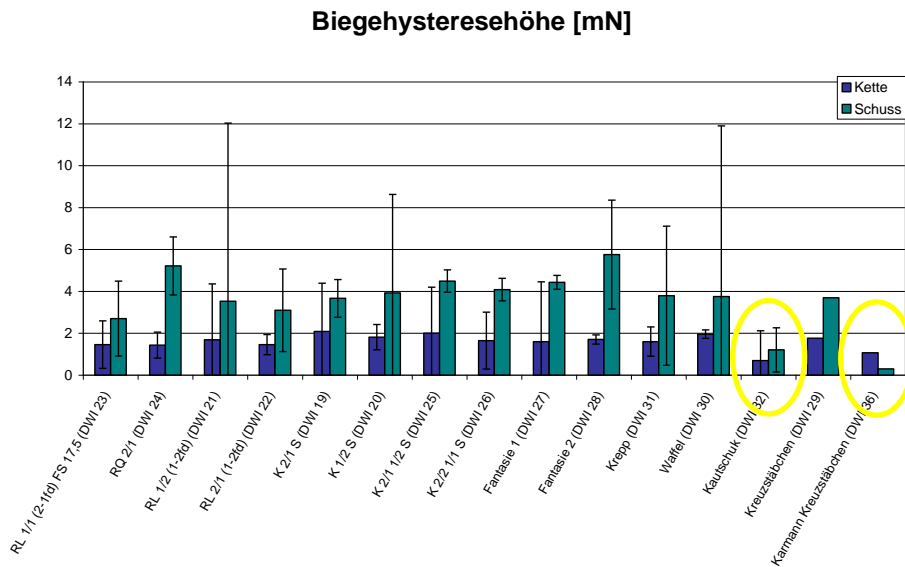


Abb. 2: Biegehysteresehöhe der 15 Untergewebe

1.1.1.2 Zugkräfte und Scherkräfte

Sowohl in der maximalen Zugdehnung (s. Abb. 3) als auch im Zugerholungsvermögen (s. Abb. 4) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den 14 untersuchten SWU-Untergeweben gefunden. Die Dehnungswerte des untersuchten Karmann-Untergewebes waren ähnlich in der Höhe wie die der SWU-Untergewebe, allerdings zeigen alle SWU-Untergewebe in der Kette zwei- bis dreimal höhere Dehnungswerte als im Schuss, während das Karmann-Untergewebe im Schuss die deutlich höhere Dehnung aufwies.

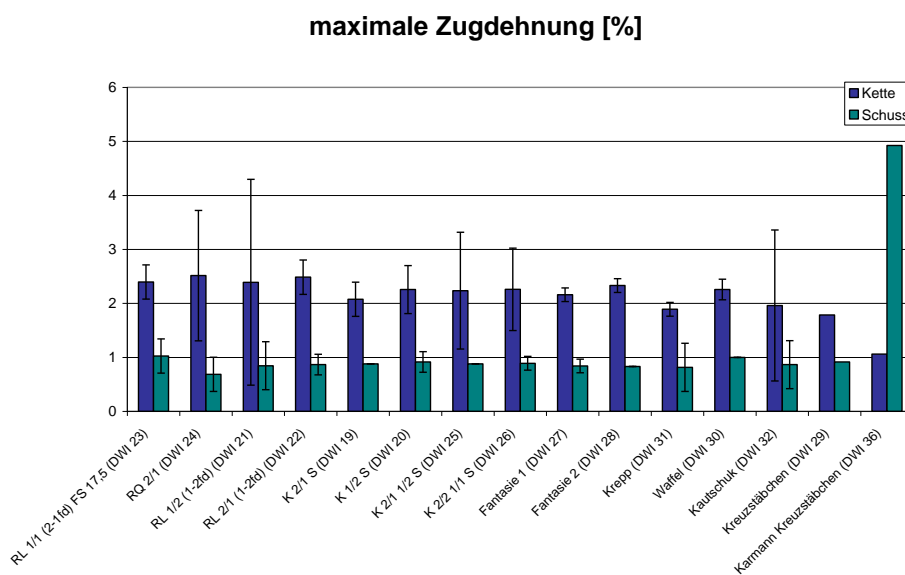


Abb. 3: Maximale Zugdehnung der 15 Untergewebe

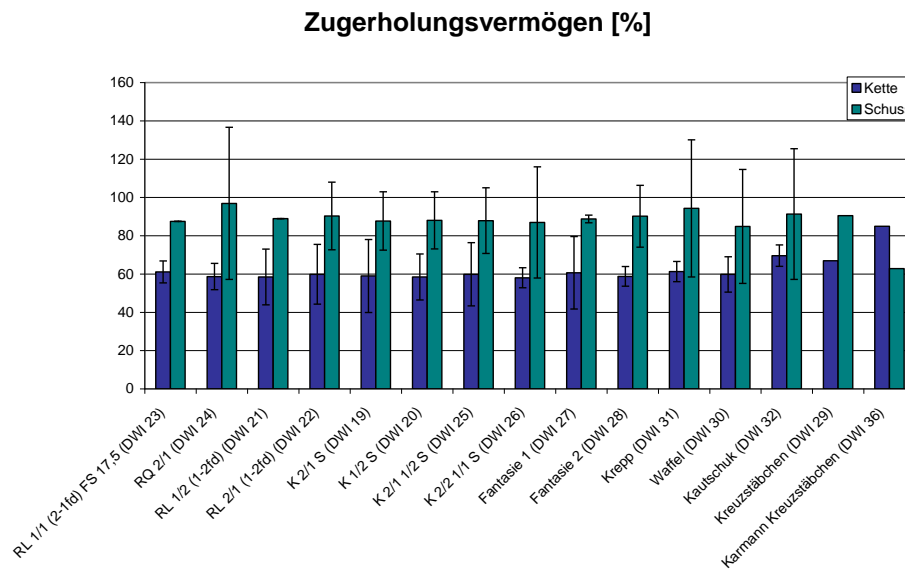


Abb. 4: Zugerholungsvermögen der 15 Untergewebe

Die Bindung hat Einfluss auf die Biegeeigenschaften und vor allem auf die Scherkräfte und Scherhysterese eines Gewebes. Bindungen mit längeren Fadenflottierungen erzeugen eine geringere Schersteifigkeit und Scherhysterese. Da die Fäden weniger dicht miteinander verwoben sind und häufiger parallel übereinander liegen, sind die Reibkräfte zwischen den Fäden bei der Scherprüfung geringer. Dies zeigten auch die Untersuchungen der Scherkräfte und Scherhysterese an den 15 Untergeweben, die in Abb. 5, 6 und 7 zu sehen sind. Wie bei den Biegeeigenschaften haben wieder das gelb markierte Karmann-Untergewebe und das SWU-Gewebe mit Kautschukbindung (DWI Nr. 32) die geringste Schersteifigkeit und Scherhysterese. Die rot eingekreisten SWU-Untergewebe mit den vier verschiedenen Körperbindungen hatten eine höhere Schersteifigkeit als die Gewebe mit den Ripsbindungen und die übrigen Bindungen. Das heißt, diese Gewebe sind bei Scherbewegungen steifer als die anderen Gewebe, lassen sich also schlechter zusammenfallen und haben schlechtere Erholungswerte bei der Rückverformung.

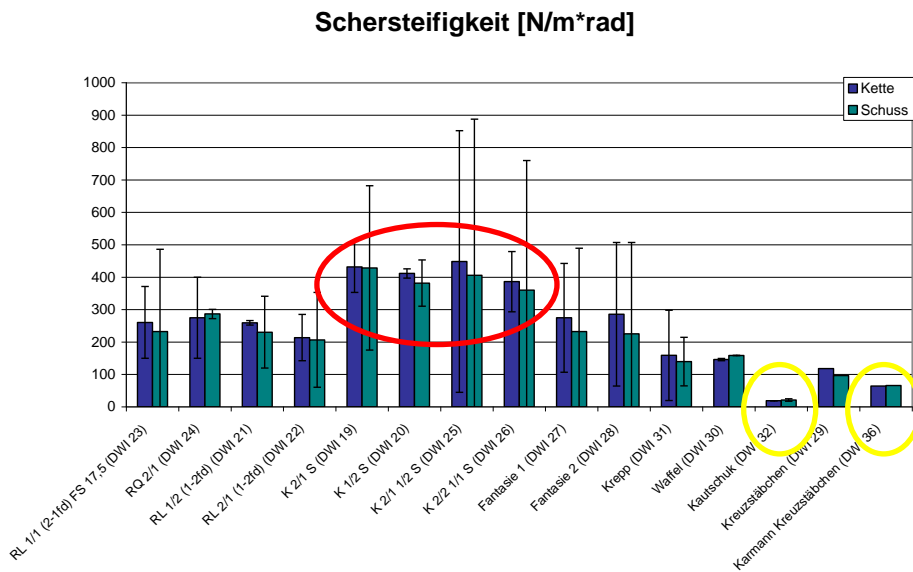


Abb. 5: Schersteifigkeit der 15 Untergewebe

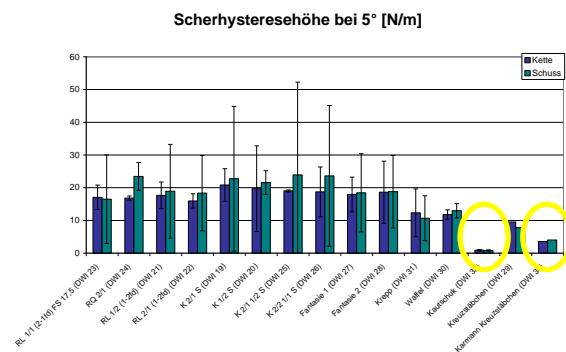
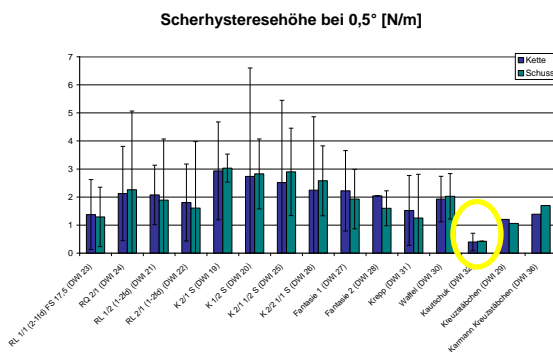


Abb. 6 und 7: Scherhysteresehöhe der 15 Untergewebe bei 0,5° und 5°

1.1.1.3 Zusammendrückbarkeit, Kompressionserholungsvermögen und Gewebedicke bei 0,5 cN/cm² und 50 cN/cm² Anpressdruck

Die Untersuchung der Zusammendrückbarkeit und des Kompressionserholungsvermögens zeigten, wie in Abb. 8 und 9 zu sehen ist, keine signifikanten Unterschiede zwischen den 14 untersuchten SWU-Untergeweben und dem Karmann-Untergewebe, d.h. alle 14 Untergewebe würden sich beim Zusammenfallen eines Cabrioverdeckes ähnlich gut zusammendrücken lassen und nach dem Auseinanderfallen würden sich Druckstellen ähnlich schnell wieder erholen, wobei das Karmann-Untergewebe hier sogar den schlechtesten Wert erzielte.

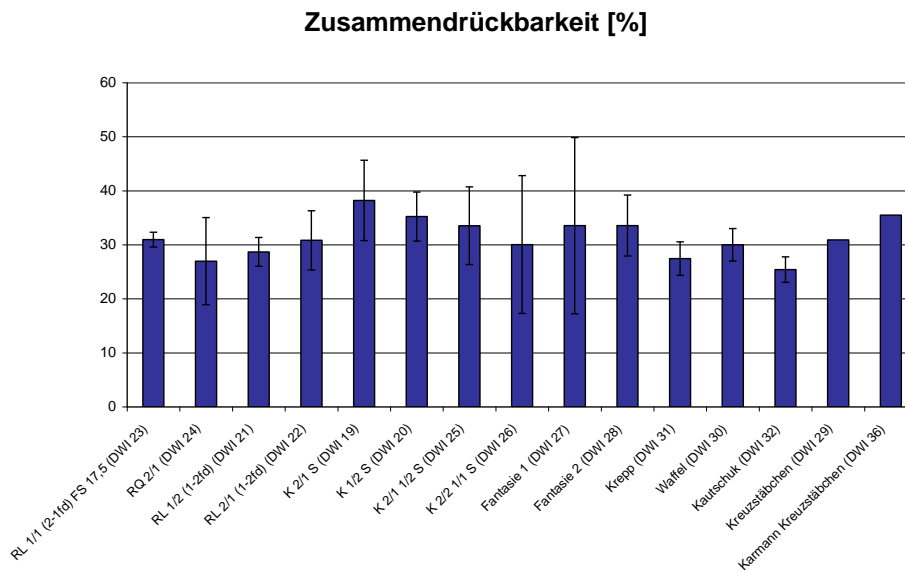


Abb. 8: Zusammendrückbarkeit der 15 Untergewebe

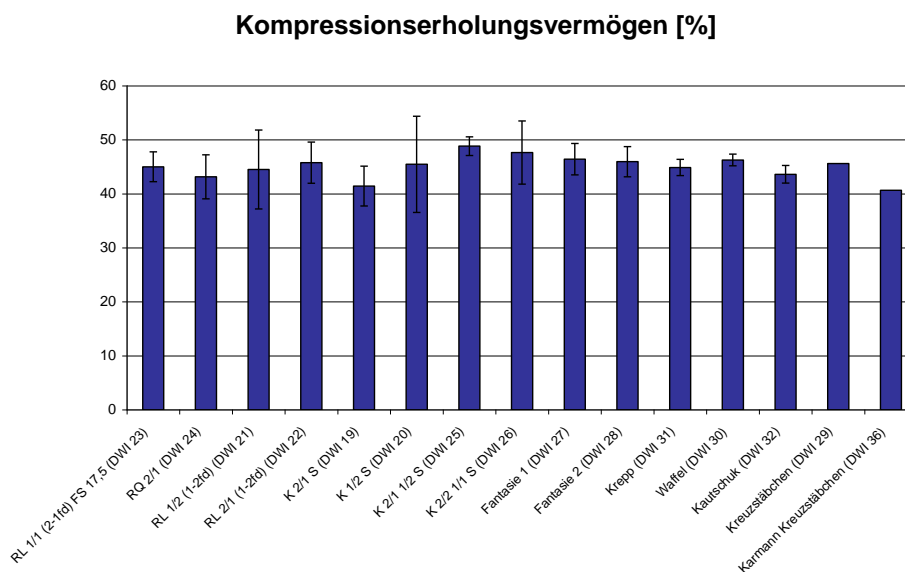


Abb. 9: Kompressionserholungsvermögen der 15 Untergewebe

Die geringste Gewebedicke wurde bei dem Ripsgewebe von SWU mit geringerer Schussdichte ermittelt. Es ist in Abb. 10 und 11 bei beiden untersuchten Anpressdrücken gelb markiert. Bei den vier rot markierten Geweben mit Bindungen mit längeren Fadenflottierungen wurden die höchsten Gewebedicken gemessen. Die geringe Gewebedicke des Ripsgewebes hat den Vorteil, dass dieser Stoff einen geringeren Platzbedarf hat, wenn er im Cabrioverdeck verarbeitet wird. Die dickeren Gewebe bringen beim Cabrioverdeck den Vorteil einer besseren Wärme- und Geräuschisolierung.

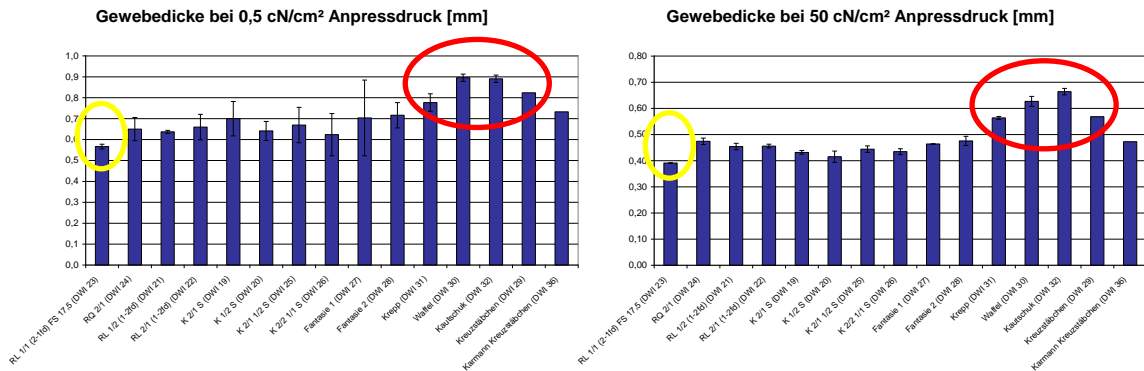


Abb. 10 und 11: Gewebedicke der 15 Untergewebe bei 0,5 und 50 cN/cm² Anpressdruck

1.1.1.4 Oberflächenprofil, mittlerer Reibungskoeffizient und mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten

Die niedrigsten Oberflächenprofile (s. Abb. 12) wurden für die körperbindigen Gewebe gemessen. Das hängt mit dem Prüfprinzip zusammen. Da die Proben senkrecht in Kett- und Schussrichtung vermessen werden, können diagonale Strukturen nicht so gut erfasst werden.

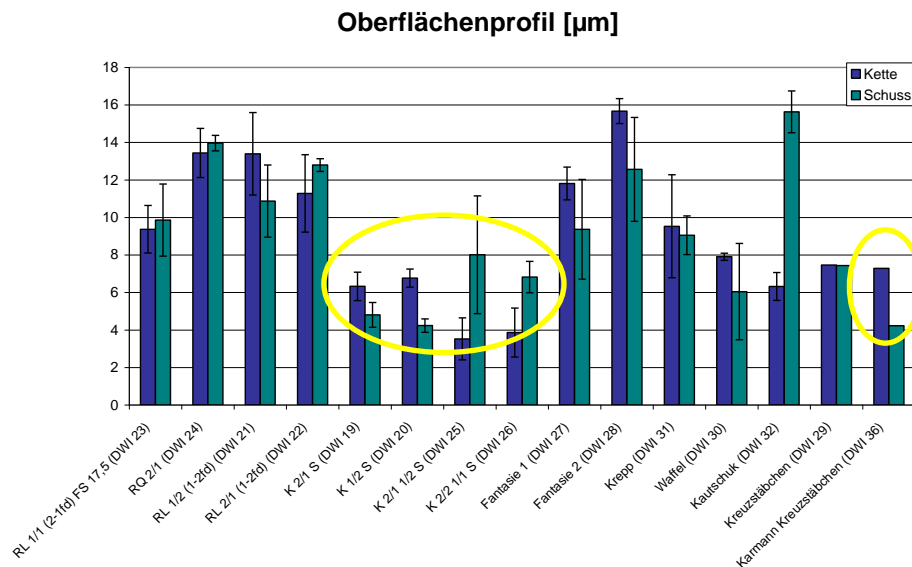


Abb. 12: Oberflächenprofil der 15 Untergewebe

Bei der Messung des mittleren Reibungskoeffizienten zeigten 3 Untergewebe mit Körperbindung etwas geringere Werte als die anderen. Sie sind in Abb. 13 gelb markiert. Das SWU-Untergewebe mit Waffelbindung zeigte eine deutlich höhere mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten als alle anderen untersuchten Gewebe. Es ist in Abb. 14 rot markiert. Dies

korreliert auch mit einem subjektiv wahrzunehmenden Gefühl der Rauigkeit bei diesem Gewebe. Verursacht wird das durch den Wechsel zwischen sehr kurzen und relativ langen Fadenflotierungen bei dieser Bindung, was eine stark strukturierte Oberfläche auf dem Gewebe erzeugt. Diese starke Struktur kann natürlich aus optischen Gründen für den Himmel eines Fahrzeuges gewollt sein und deshalb gezielt ausgewählt werden. Es muss jedoch bedacht werden, dass diese stärker strukturierte Oberfläche anfälliger ist gegen Verschmutzung oder Beschädigungen und auch das Zusammenfallen einen Cabriooverdeckes mit diesem Stoff auf der Innenseite durch die höhere Reibung erschwert sein kann.

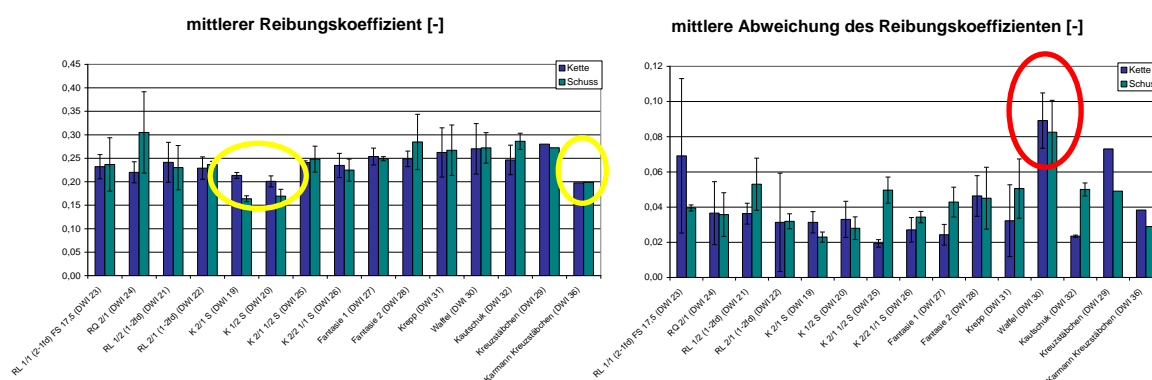


Abb. 13 und 14: Mittlerer Reibungskoeffizient und mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten der 15 Untergewebe

1.1.1.5 Scheuerbeständigkeit der unbeschichteten Untergewebe

Um abriebbeständige Cabriooverdecke herstellen zu können, ist es wichtig, dass die Ober- und Untergewebe schon vor der Beschichtung eine gute Scheuerbeständigkeit aufweisen. Um einen Anhaltspunkt zu bekommen, wo die Scheuerbeständigkeit der SWU-Untergewebe im Vergleich zu dem Karmann-Standard liegen, wurden das Karmann-Untergewebe (DWI 36) und das SWU-Untergewebe mit vergleichbarer Bindung (Kreuzstäbchen, DWI 29) auf dem Martindale Scheuerprüfgerät nach DIN EN ISO 12947 für 19 Stunden mit insgesamt 50.000 Touren Stoff gegen Stoff gescheuert. Wie die Ergebnisse in Tab. 3 zeigen, verfügte das SWU-Untergewebe über eine höhere Stabilität gegen Reibung als das Karmann-Standard-Untergewebe. Keines der Untergewebe war nach 50.000 Scheuertouren durchgescheuert, allerdings zeigten sich bei dem Karmann-Standard-Untergewebe erste Abnutzungserscheinungen wie Farbänderung ins Graue, starke Pillingbildung und viel Faserstaub (subjektive Beobachtung). Die bei SWU hergestellten neuen Untergewebe für Cabrio-Verdeck-Verbünde zeigten also eine höhere Scheuerbeständigkeit als das Karmann-Standard-Untergewebe und genügten somit den Anforderungen an Cabrio-Verdeck-Untergewebe in besonderer Weise.

Tab. 2: Ergebnisse der Martindale Scheuerprüfung an Karmann-Untergewebe und SWU-Untergewebe

Karmann-Untergewebe	SWU-Untergewebe
Wird grauer	Verändert kaum die Farbe
Pillt stark Nach 50.000 Touren sind viele Pills heruntergefallen	Gar keine Pills
Viel Faserstaub	Kein Faserstaub
kein Durchscheuern	kein Durchscheuern

1.1.1.6 Auswahl geeigneter Untergewebe

Bei einem Treffen der Projektpartner wurden die Ergebnisse der Griffuntersuchungen, die in Tab. 2 zusammengefasst sind, diskutiert und die Untergewebe zusätzlich einer subjektiven Beurteilung der Optik und Haptik der Gewebe unterzogen. Nach den objektiven Griffuntersuchungen wurde vor allem das Untergewebe DWI 30 mit der Waffelbindung aussortiert, da die hohe mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten verursacht durch die langen Fadenflottierungen das Gewebe als ungeeignet erscheinen ließen. Die größeren Gewebedecken von Probe 29 bis 31 erschienen zwar für die Faltbarkeit der Cabrio-Verdeck-Untergewebe als Nachteil, würden sich jedoch für die Schall- und Temperaturisolation beim geschlossenen Verdeck als positiv auswirken. Die Untergewebe mit den vier verschiedenen Köperbindungen hatten zwar etwas höhere Schersteifigkeit als die anderen Gewebe, aufgrund der Optik wurde aber trotzdem eine Köperbindung (K 2/1 S) ausgesucht, und zwar die am häufigsten benutzte Köperbindung mit der unauffälligsten Struktur.

Folgende Untergewebe wurden vor allem aufgrund der subjektiv beurteilten Optik ausgewählt:

- OPES 1 H gamma (Köper 2/1 S), DWI 19
- OPES 10H gamma (Fantasiebindung 2), DWI 28
- OPES 11H gamma (Kreuzstäbchen wie Standardgewebe von Karmann), DWI 2

Tab. 3 Zusammenfassung der Griffeigenschaften der 15 Untergewebe ohne Beschichtung

Probe (DWI-Nr.)	23	24	21	22	19	20	25	26	27	28	31	30	32	29	36
Biegesteifigkeit	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1
Biegehysteresehöhe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1
maximale Zugdehnung	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Zugerholungsvermögen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Schersteifigkeit	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	1	2	1
Scherhysteresehöhe bei 0,5°	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
Scherhysteresehöhe bei 5°	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1
Zusammendrückbarkeit	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kompressionserholungsvermögen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gewebedicke bei 0,5 cN/cm ² Anpressdruck	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2
Gewebedicke bei 50 cN/cm ² Anpressdruck	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2
Oberflächenprofil	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
mittlerer Reibungskoeffizient	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
Auswahl					X					X				X	

guter Wert	1
weniger guter Wert	2
schlechter Wert	3

1.1.2. Griffeigenschaften und Maßänderung der Obergewebe (OPAN)

Die Firma SWU stellte 112 verschiedene Obergewebe aus zwei Kettgarnen in 100% PES und 100 % PAN, aus 14 Schussgarnen in verschiedenen Zusammensetzungen (100% PAN, 100% PES, PAN / PES, PA / Aramid, PA / PAC, PES / Aramid, PES / PA und PA / PP), aus Open-End (OE)- und Ringgarn für den Schuss und aus Zweifach- und Dreifachzwirn für den Schuss her. Aus dieser Vielzahl von Geweben mit unterschiedlicher Zusammensetzung wurden bei einem Projekttreffen 6 Favoriten ausgewählt. Als Material wurde 100% PAN ausgewählt, weil das nach Erfahrungen der Firma Karmann über die besten Eigenschaften für ein Cabrio-Obergewebe verfügt Die ausgewählten Obergewebe werden deshalb im Folgenden mit OPAN abgekürzt. Es wurden drei Bindungen ausgesucht, die eine glatte und wenig strukturierte Oberfläche haben, sich im Aussehen jedoch möglichst stark unterscheiden: Köper 2/1 S (Bindung 1), Längsrips (Bindung 5), und Spitzköper 2/1 (Bindung 24). Um den Einfluss des Garntyps auf die Gewebeeigenschaften untersuchen zu können, wurde das köperbindige Gewebe mit verschiedenen Schussgarnen ausgewählt: mit OE-Garn und Ringgarn, jeweils als Zweifach- oder Dreifachzwirn. In Tab.4 sind diese Gewebe mit den wichtigsten technischen Daten aufgelistet.

Tab. 4: Technische Daten der 6 Obergewebe ohne Beschichtung

DWI-Nr.	SWU-Nr.	Bindung	Schussgarn	Schussdichte in Fd/cm	Gewebedicke To (0,5 cN) in mm
38	OPAN 1 A alpha	Köper 2/1 S	280 dtex x 2, Ringgarn	14	0,90
41	OPAN 1 B alpha	Köper 2/1 S	180 dtex x 3 Ringgarn	14	0,98
42	OPAN 1 C alpha	Köper 2/1 S	280 dtex x 2, OE-Garn	14	0,94
43	OPAN 1 D alpha	Köper 2/1 S	200 dtex x 3, OE-Garn	14	0,92
39	OPAN 5 A alpha	Längsrips	280 dtex x 2, Ringgarn	14	1,00
40	OPAN 24 A alpha	Spitzköper 2/1	280 dtex x 2, Ringgarn	14	0,95

Die folgenden Eigenschaften wurden als Anforderung für ein gutes Cabrioverdeck-Obergewebe aufgestellt:

- hohe Scheuerbeständigkeit,
- gute Wasser- und Alkoholabweisung,

- gute Ölabweisung,
- flaches Oberflächenprofil wegen Luftwiderstand und Anschmutzung,
- gute Erholungswerte, damit nach dem Auffalten keine Druckstellen erscheinen,
- geringe Gewebedicke wegen möglichst geringem Platzbedarf beim Zusammenfalten aber hohe Gewebedicke wegen Isolation (Schall, Temperatur),
- geringer Reibungskoeffizient für gute Zusammenfaltbarkeit
- geringe Maßänderung bei Klimawechselbeanspruchung wegen Passgenauigkeit und Formbeständigkeit

1.1.2.1 Biegesteifigkeit und Biegehysterese

Die Untersuchung der Biegesteifigkeit (s. Abb. 15) und Biegehysterese (s. Abb. 16) zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den 6 untersuchten Obergeweben. Es zeigte sich die Tendenz, dass Gewebe mit 3-fach gezwirntem Garn im Schuss etwas geringere Biegesteifigkeiten aufweisen könnten als Gewebe mit 2-fach gezwirntem Garn, vor allem wenn es sich um Ringgarn handelt. Das wäre von Vorteil für eine gute Zusammenfaltbarkeit. Die Gewebe mit den drei verschiedenen Bindungen zeigten keine signifikanten Unterschiede in der Biegesteifigkeit und Biegehysterese.

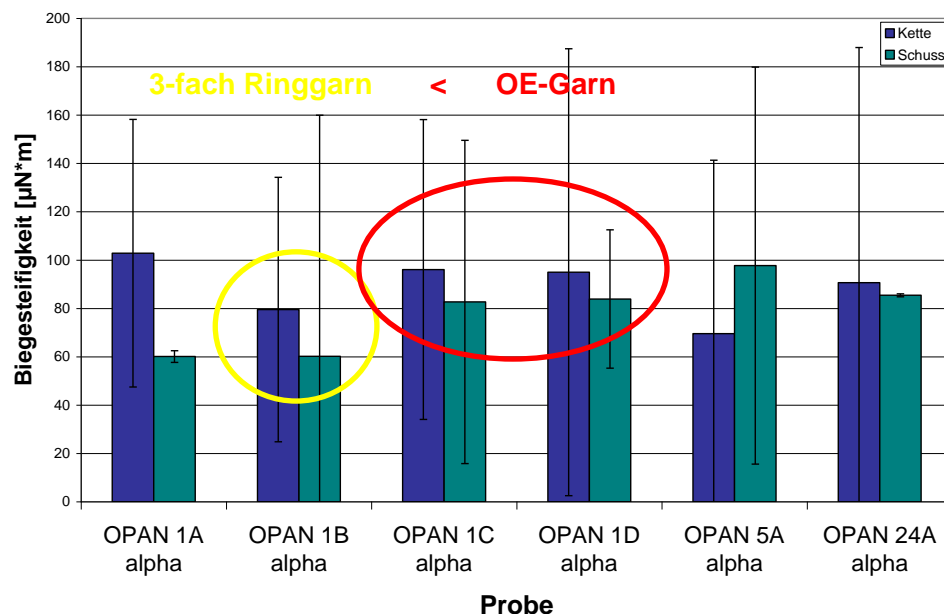


Abb. 15: Biegesteifigkeit der 6 Obergewebe

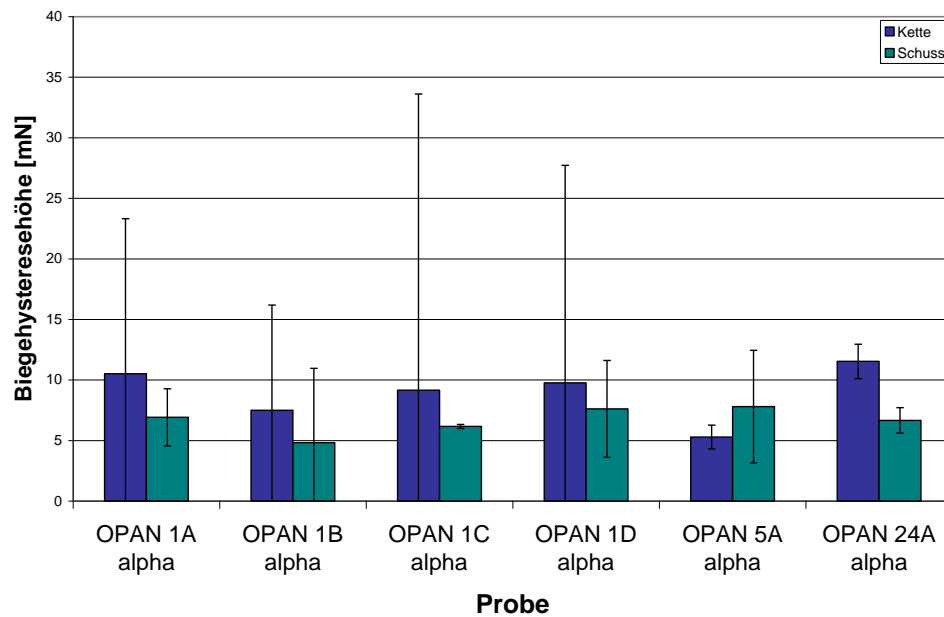


Abb. 16: Biegehysteresehöhe der 6 Obergewebe

1.1.2.2 Zugkräfte und Scherkräfte

Die maximale Zugdehnung (s. Abb. 17) in Schussrichtung war sowohl für das Ringgarn als auch für das OE-Garn beim 3-fachen Zwirn etwas niedriger als beim 2-fachen Zwirn. Hohe Dehnungswerte sind bei einem Cabrioverdeckstoff nicht gewünscht, da es zu dem sogenannten Ballooning-Effekt kommen kann, d. h. das Cabrioverdeck bläht sich bei hohen Geschwindigkeiten auf. Da der Cabrioverdeckstoff jedoch aus einem Verbund aus Ober- und Untergewebe besteht, werden die Dehnungswerte vom Ober- und Untergewebe bestimmt und zusätzlich maßgeblich auch von der Verbindung zwischen den Stoffen. Deshalb werden die hier gemessenen kleinen Unterschiede bei relativ geringen Dehnungswerten beim Verbundgewebe kaum noch zu bemerken sein. Beim Zugerholungsvermögen (s. Abb. 18) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den 6 untersuchten SWU-Obergeweben gefunden.

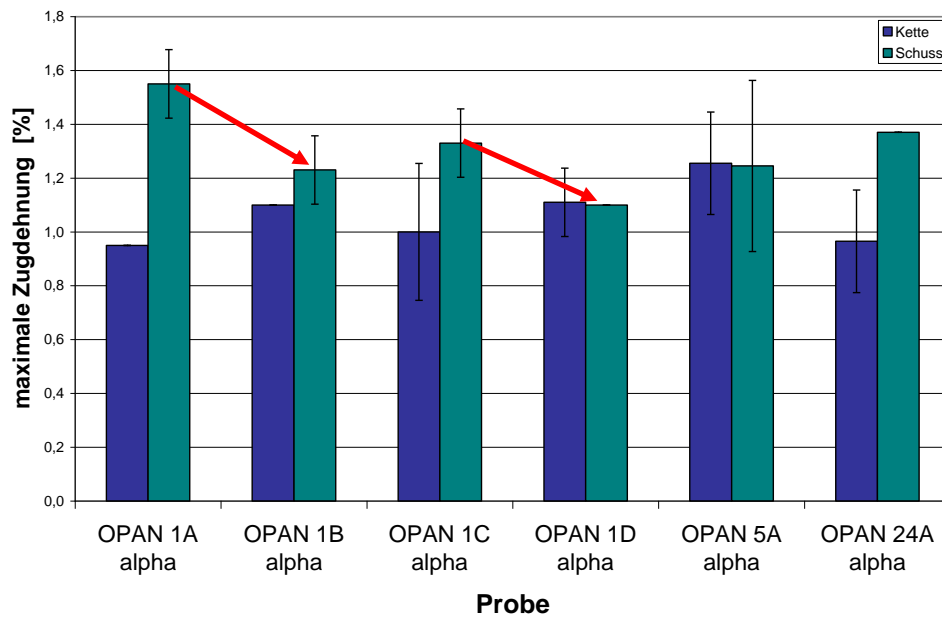


Abb. 17: Maximale Zugdehnung der 6 Obergewebe

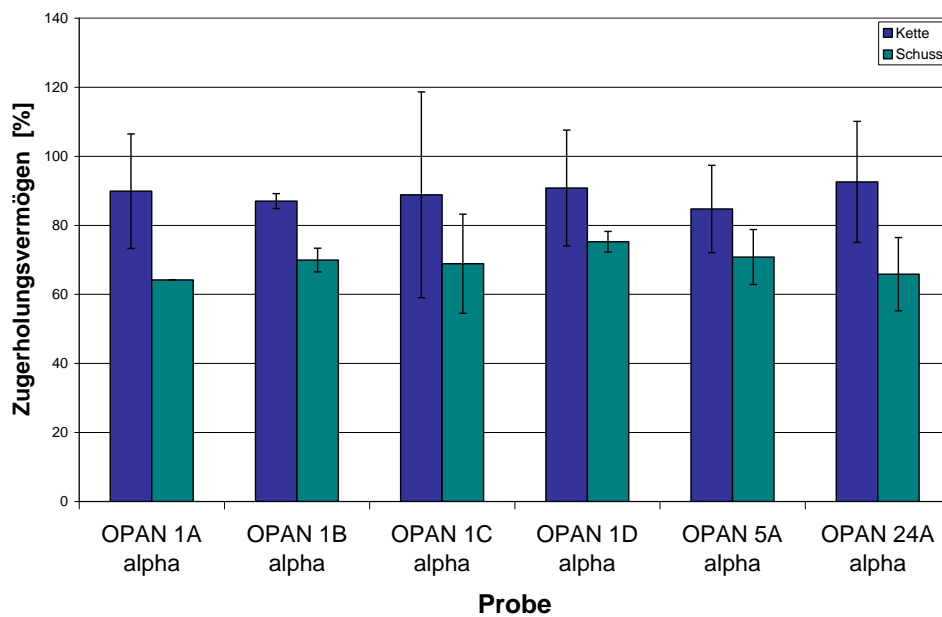


Abb. 18: Zugerholungsvermögen der 6 Obergewebe

Wie in Abb. 19, 20 und 21 an den roten Pfeilen zu sehen, wurden für die Schersteifigkeit und die Scherhysterese bei Geweben mit 3-fachem Zwirn sowohl bei Ring- als auch bei OE-Garn tendenziell etwas niedrigere Werte gemessen. Das heißt, diese Gewebe sind bei Scherbewegungen etwas weniger steif als die anderen Gewebe, lassen sich deshalb leichter zusammenfalten und haben auch etwas bessere Erholungswerte nach dem Entfalten.

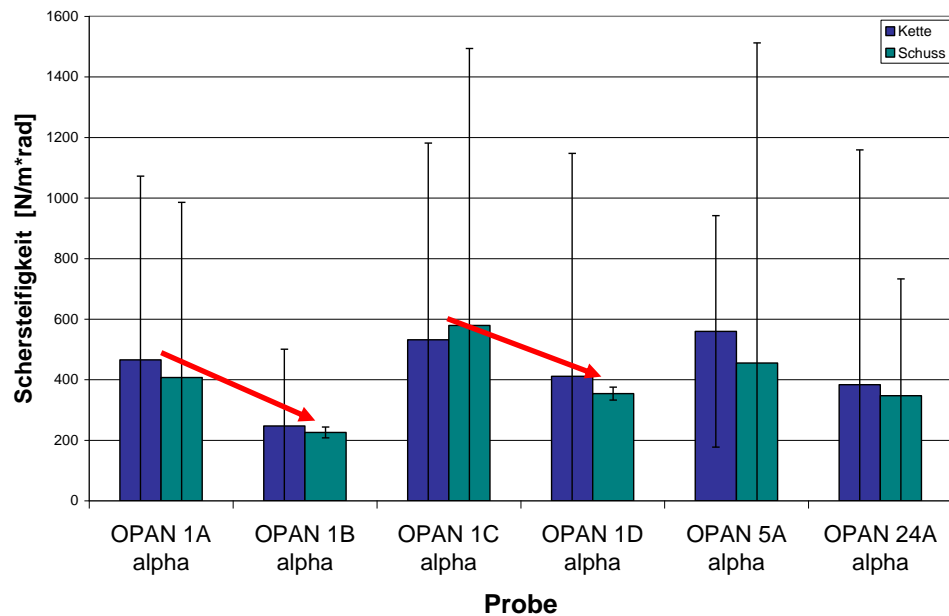


Abb. 19: Schersteifigkeit der 6 Obergewebe

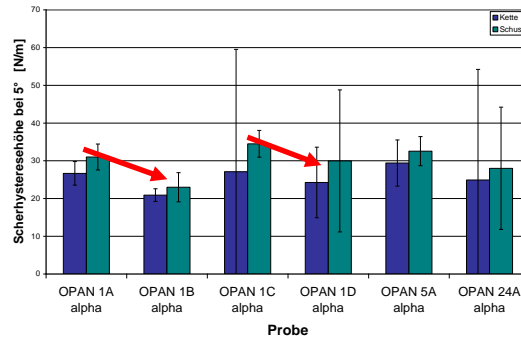
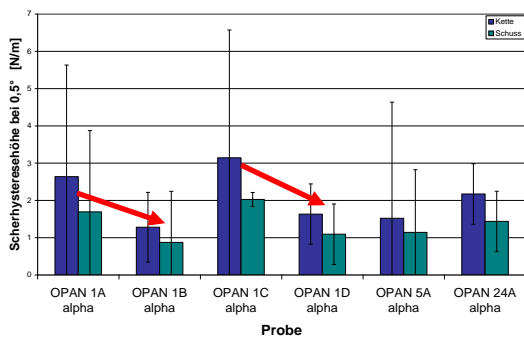


Abb. 20 und 21: Schershysteresehöhe der 6 Obergewebe bei 0,5° und 5°

1.1.2.3 Zusammendrückbarkeit, Kompressionserholungsvermögen und Gewebedicke bei 0,5 cN/cm² und 50 cN/cm² Anpressdruck

Die Untersuchung der Zusammendrückbarkeit und des Kompressionserholungsvermögens zeigte, wie in Abb. 22 und 23 zu sehen ist, keine signifikanten Unterschiede zwischen den 6 untersuchten SWU-Obergeweben. Die Art des Schussgarns hatte also keinen Einfluss auf die Zusammendrückbarkeit und das Kompressionserholungsvermögen. Bei dem Gewebe OPAN 5 A alpha mit Ripsbindung wurde tendenziell die höchste Zusammendrückbarkeit und das geringste Kompressionserholungsvermögen gemessen. Bei diesem Obergewebe würden nach dem Auseinanderfalten des Cabriverdecks also am ehesten Druckstellen zu sehen sein.

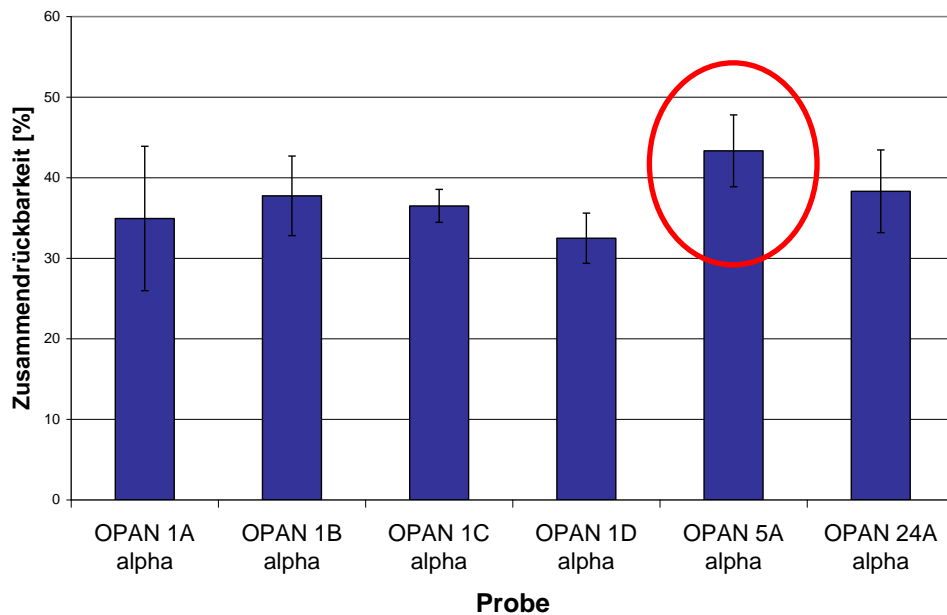


Abb. 22: Zusammendrückbarkeit der 6 Obergewebe

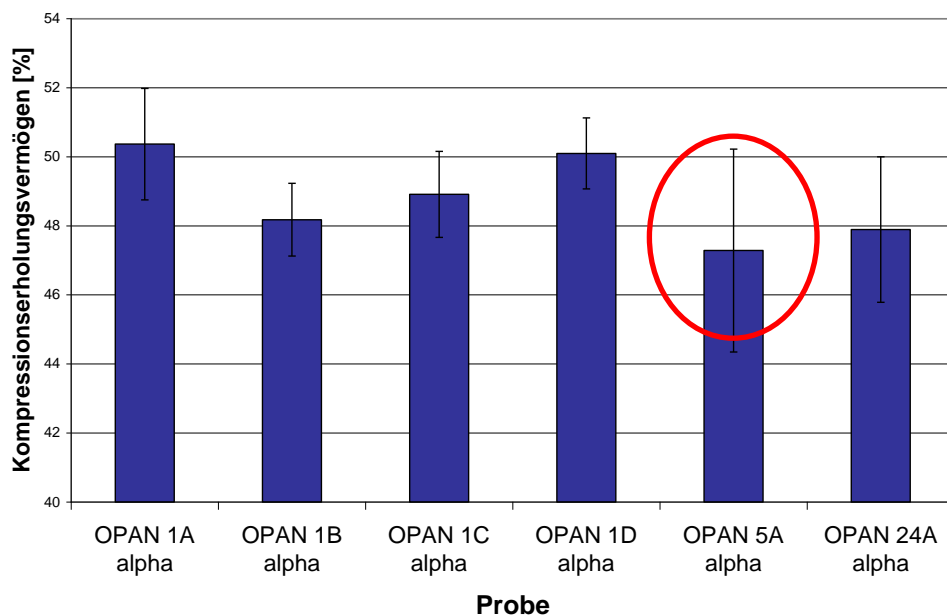


Abb. 23: Kompressionserholungsvermögen der 6 Obergewebe

Wie in Abb. 24 und 25 zu sehen, waren die Gewebedicken bei dem niedrigen Anpressdruck von $0,5 \text{ cN/cm}^2$ für alle untersuchten Obergewebe nahezu gleich. Bei dem höheren Anpressdruck von 50 cN/cm^2 wurden bei den Obergeweben mit 3-fach-Zwirnen im Schuss etwas höhere Gewebedicken gemessen als bei den Obergeweben mit 2-fach-Zwirnen im Schuss. Das bedeutet, dass sich die Obergewebe mit 2-fach-Zwirnen im Schuss etwas kleiner zusammenfallen lassen müssten als die Obergewebe mit 3-fach-Zwirnen im Schuss.

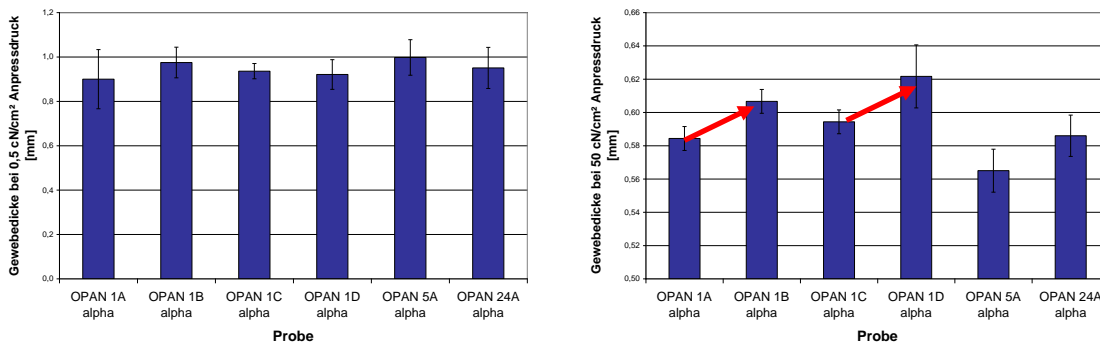


Abb. 24 und 25: Gewebedicke der 6 Obergewebe bei 0,5 und 50 cN/cm² Anpressdruck

1.1.2.4 Oberflächenprofil, mittlerer Reibungskoeffizient und mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten

Wie Abb. 26 - 28 zeigen, wurde für das Gewebe 5A alpha mit Ripsbindung in Kettrichtung mit Abstand das höchste Oberflächenprofil und die höchste mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten gemessen. Das hing hier mit den durch die Ripsbindung hervorgerufenen Querrippen zusammen, die bei der Prüfung in Kettrichtung senkrecht zum Prüfdraht standen und damit gut erfasst werden konnten. Die anderen Proben hatten alle Körperbindungen, die über diagonale Strukturen verfügen, die durch die senkrechten Messungen nicht so stark erfasst wurden. Ein Einfluß des Garntyps (OE- oder Ringgarn, 2-fach oder 3-fach) im Schuss auf das Oberflächenprofil und die Reibung konnte nicht festgestellt werden.

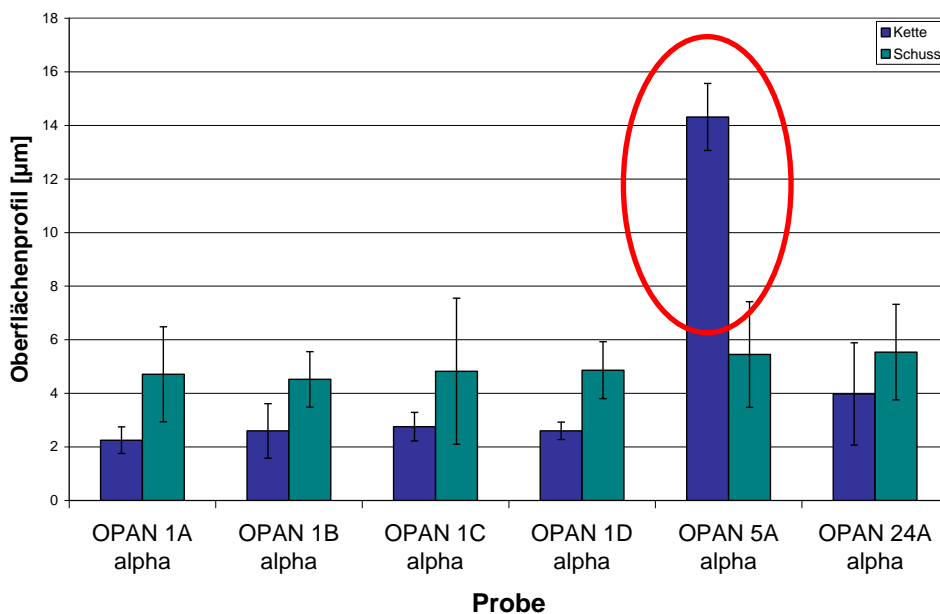


Abb. 26: Oberflächenprofil der 6 Obergewebe

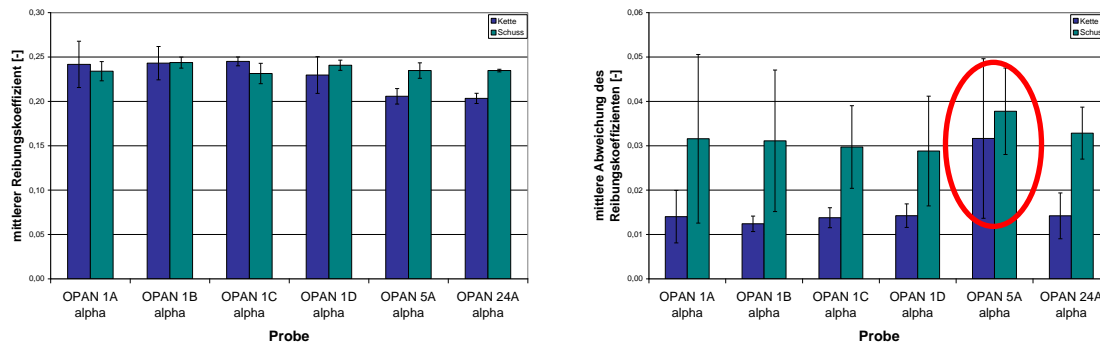


Abb. 27 und 28: mittlerer Reibungskoeffizient und mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten der 6 Obergewebe

1.1.2.5. Vergleich der Maßänderung von Obergeweben mit 2-fach- und 3-fach Ringgarn im Schuss

Ein Cabriooverdeck muss immer stramm und passgenau sitzen, auch wenn das Cabrio durch den Regen oder eine Waschstraße fährt. D. h. auch im nassen Zustand darf sich ein Cabriooverdeckstoff nicht ausdehnen (hygrale Expansion) und muss seine Maße beibehalten (Relaxationsschrumpf). Die Vorgehensweise bei der Prüfung der Maßänderung der Gewebe ist in Kapitel 1.13.6. beschrieben. Um festzustellen, ob sich 2-fach und 3-fach Ringgarne unterschiedlich verhalten, wurden die Gewebe OPAN 1A alpha mit 2-fach Schussgarn (280 dtex x 2) und OPAN 1B alpha mit 3-fach Schussgarn (180 dtex x 3) im trockenen Zustand, im nassen Zustand und anschließend nach dem Trocknen vermessen.

Tab. 5: Maßänderung von Obergeweben mit 2-fach- und 3-fach Ringgarn im Schuss

	OPAN 1A alpha (280 dtex x 2)		OPAN 1B alpha (180 dtex x 3)	
	Kette	Schuss	Kette	Schuss
Relaxationsschrumpf in%	-0.13	0	0.2	0
hygrale Expansion in %	-0.33	0.03	0.13	-0.07

Wie Tab. 5 zu entnehmen ist, wurden an den getesteten Geweben so gut wie keine Maßänderungen festgestellt. Es bestand also kein Unterschied in der Maßänderung zwischen Obergeweben mit 2-fach und 3-fach-Zwirn im Schuss und sie sind beide gleichermaßen gut für ein Cabriooverdeck geeignet.

1.1.2.6 Auswahl geeigneter Obergewebe

Die Obergewebe mit 3-fach-Zwirnen im Schuss zeigten im Vergleich zu den Obergeweben mit 2-fach-Zwirnen etwas geringere Biegesteifigkeiten, bei Ringgarn auch geringere Biegehysteresen. Außerdem zeigten sie geringere Zugdehnungen in Schussrichtung, geringere Schersteifigkeiten und geringere Scherhysterese als die Zweifachgarne, sowohl beim OE- als auch beim

Ringgarn. Das würde darauf hinweisen, dass sich Obergewebe mit 3-fach-Zwirnen im Schuss etwas leichter zusammenfalten lassen als Gewebe mit 2-fach-Zwirnen im Schuss. Die Gewebedicke bei dem hohen Anpressdruck von 50 cN/cm² war jedoch auch bei den Geweben mit 3-fach-Zwirnen im Schuss etwas höher, was die Faltbarkeit hingegen etwas erschweren dürfte. Da die Unterschiede zwischen 2-fach und 3-fach-Zwirnen jedoch sehr gering waren und 3-fach-Zwirne deutlich teurer sind als 2-fach-Zwirne, wurde entschieden, im Schuss 2-fach-Zwirne zu verwenden.

Beim Vergleich von Obergeweben mit Ring- und OE-Garn im Schuss konnten nur bei der Biegesteifigkeit und der Biegehysterese für das Ringgarn etwas bessere Werte ermittelt werden, bei den anderen Prüfungen schnitten beide Garntypen gleich ab. Da nicht bekannt war, ob beide Garntypen für Beschichtungen gleichermaßen geeignet sind, wurden beide für weitere Versuche ausgewählt.

Beim Vergleich der Bindungen fiel die Ripsbindung (Bindung 5) mehrmals mit etwas schlechteren Werten auf: die Zusammendrückbarkeit war am höchsten, das Kompressionserholungsvermögen am geringsten und das Oberflächenprofil in Kettrichtung sehr hoch. Ansonsten zeigten die 3 Bindungen ähnliche Griffeigenschaften. Deshalb wurde entschieden, die Ripsbindung nicht weiter zu verwenden. Ausgewählt wurden die allgemein sehr häufig benutzte Köperbindung 2/1 S (Bindung 1) mit sehr unauffälliger Struktur, der von der SWU favorisierte Spitzköper 2/1 (Bindung 24) und zusätzlich ein edel erscheinender Mehrgratköper 2/1 ½ S (Bindung 7) mit auffälliger Diagonalstruktur.

Eine Übersicht über diese Ergebnisse ist in Tab. 6 zu sehen.

Folgende Obergewebe wurden auch aufgrund der subjektiv beurteilten Optik für die ersten Beschichtungsversuche ausgewählt:

- OPAN 1 A alpha (K 2/1 mit 2-fach Ringgarn im Schuss), DWI 38
- OPAN 1 C alpha (K 2/1 mit 2-fach OE-Garn im Schuss), DWI 42
- OPAN 7 C alpha (Mehrgratköper mit 2-fach OE-Garn im Schuss)
- OPAN 24 A alpha (Spitzköper 2/1 mit 2-fach Ringgarn im Schuss), DWI 40

Tab. 6: Zusammenfassung der Griffeigenschaften der 6 Obergewebe ohne Beschichtung

Probe (DWI-Nr.)	38	41	42	43	39	40
Biegesteifigkeit	2	1,5	2	2	2	2
Biegehysteresehöhe	2	2	2	2	2	2
maximale Zugdehnung	2	1	2	1	2	2
Zugerholungsvermögen	2	2	2	2	2	2
Schersteifigkeit	2	1,5	2	1,5	2	2
Scherhysteresehöhe bei 0,5°	2	1,5	2	1,5	2	2
Scherhysteresehöhe bei 5°	2	1,5	2	1,5	2	2
Zusammendrückbarkeit	2	2	2	2	2,5	2
Kompressionserholungsvermögen	2	2	2	2	2,5	2
Gewebedicke bei 0,5 cN/cm ² Anpressdruck	2	2	2	2	2	2
Gewebedicke bei 50 cN/cm ² Anpressdruck	2	2	2	2	2	2
Oberflächenprofil	2	2	2	2	3	2
mittlerer Reibungskoeffizient	2	2	2	2	2	2
mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten	2	2	2	2	3	2
Auswahl	X		X			X
		guter Wert	1			
		weniger guter Wert	2			
		schlechter Wert	3			

1.1.3. Dehnungswerte von unbeschichteten Ober- und Untergeweben

Für die Verarbeitung als Cabrioverdecke sollten Stoffe idealerweise in Kett- und Schussrichtung gleiche Dehnungswerte aufweisen. Deshalb wurden an den oben schon aufgeführten vier ausgewählten rohweißen Obergeweben und zum Vergleich auch an drei schwarz gefärbten Untergeweben (s. Tab. 7) jeweils in einer Doppelbestimmung die Dehnung in Kett- und Schussrichtung bei 400 N gemessen.

Tab. 7: Dehnungswerte von Ober- und Untergeweben

Proben	Mittlere Dehnung bei 400 N in Kettrichtung in %	Mittlere Dehnung bei 400 N in Schussrichtung in %
Obergewebe unbeschichtet rohweiß		
OPAN 1 A alpha	3,9	7,9
OPAN 1 C alpha	4,6	10,3
OPAN 7 C alpha	4,4	9,5
OPAN 24 A alpha	4,0	7,2

Untergewebe	unbeschichtet	schwarz gefärbt
UPES 1 H gamma	8,0	3,5
UPES 10 H gamma	7,9	3,4
UPES 11 H gamma	6,4	3,5

Die 4 getesteten Obergewebe aus PAN hatten alle in Schussrichtung eine etwa doppelt so hohe Dehnung wie in Kettrichtung. Die Dehnung in Kettrichtung war bei allen 4 Proben sehr gering zwischen 4% und 4,5%. Die beiden Gewebe mit OE-Garn im Schuss (OPAN 1 C alpha und OPAN 7 C alpha) hatten höhere Dehnungswerte in Schussrichtung (zwischen 9,5% und 10%) als die beiden Gewebe mit Ringgarn im Schuss (zwischen 7% und 8%). Die drei Untergewebe aus PES hatten in Kettrichtung höhere Dehnungswerte als die Obergewebe. Sie lagen zwischen 6,5% und 8,0% und waren damit etwa doppelt so hoch wie die Dehnungswerte der Untergewebe in Schussrichtung, die bei etwa 3,5% lagen.

Weder bei den rohweißen Obergeweben noch bei den schwarzen Untergeweben waren die Dehnungswerte in Kett- und Schussrichtung gleich hoch, was ideal wäre. Für die Weiterverarbeitung könnte das zu Problemen führen, da zur Herstellung eines Cabrioverdeckstoffes ein Ober- und ein Untergewebe zu einem Verbund zusammengefügt werden muss. Die Dehnung des Verbundes wird bestimmt durch die einzelnen Dehnungswerte des Ober- und des Untergewebes und durch die Art des Verbundes. Sind jedoch die Dehnungswerte des Ober- und Untergewebes sehr unterschiedlich, kann es eventuell schneller zu Schäden in der Verbindung von Ober- und Untergewebe kommen

1.1.4. Charakterisierung stückgefärbter SWU-Obergeweben

Die Firma Visiotex ließ bei SWU hergestellte Cabrioverdeck-Oberstoffe aus 100% PES, 100% PA und Mischgewebe aus PA und PES bei der Firma Lindenfarb in verschiedenen Färbeversuchen stückfärben. Die technischen Daten dieser Gewebe sind in Tab. 8 aufgelistet. An diesen unbeschichteten Geweben wurden zunächst die Wasser/Alkohol- und Ölabweisung bestimmt, um später nach diversen Beschichtungsversuchen erneut die Wasser/Alkohol- und Ölabweisung zu bestimmen und dadurch einen Anhaltspunkte für den erreichten Hydrophobierungsgrad und damit für die Güte der Ausrüstung zu bekommen.

Tab.8: Technische Daten der stückgefärbten SWU-Obergewebe

DWI-Nr.	Gewebe	Bezeichnung	Versuch
77	Visotex-Cabrioverdeck-Oberstoffen	069-02601-01 Rolle 1 SWU / Teilabschnitt schwarz stückgefärbt Färbeversuch Lindenfarb Kette PES, Schuss PES	A, V410
78	Visotex-Cabrioverdeck-Oberstoffen	069-02602-01 Rolle 3 SWU / Teilabschnitt schwarz stückgefärbt 600395 Färbeversuch Lindenfarb Kette PA, Schuss PES	A, V411

79	Visotex-Cabriovertdeck-Oberstoffen	069-02603-01 Rolle 4 SWU / Teilabschnitt schwarz stückgefärbt 600396 Färbeversuch Lindenfarb Kette PA, Schuss PA	A, V412
80	Visotex-Cabriovertdeck-Oberstoffen	069-02501-01 Gelb stückgefärbt Färbeversuch Kette PES, Schuss PES	B, V311
81	Visotex-Cabriovertdeck-Oberstoffen	069-02502-01 Grün stückgefärbt Färbeversuch Kette PES, Schuss PES	B, V312
82	Visotex-Cabriovertdeck-Oberstoffen	069-02503-01 orange stückgefärbt Färbeversuch Kette PES, Schuss PES	B, V313
35	Karmann Standard Verbundgewebe	Fluorbeschichtung	

1.1.4.1 Bestimmung der Wasser- und Alkoholabweisung von gefärbten SWU-Obergeweben

An den stückgefärbten SWU-Obergeweben wurde die Wasser- und Alkoholabweisung mittels Tropfentest nach der 3M-Methode (s. Kapitel 1.13.3. Tropfentest) untersucht. Wie in Abb. 29 zu sehen, zeigten die unbeschichteten SWU-Obergewebe infolge der fehlenden Hydrophobierung erwartungsgemäß überhaupt keine Alkoholabweisung. Alle 10 Tropfen ab einem 10%-igen Alkoholanteil in der Mischung sanken sofort in die Gewebe ein. Nur die Proben aus Versuch A V412 und B V311 zeigen eine Abweisung von 100% Wasser, bei allen anderen drang auch ein Tropfen aus 100% Wasser in die Obergewebe ein (s. Bericht Visiotex zu den Unterschieden in den Proben). Im Vergleich dazu zeigte das mit Fluorcarbonen ausgerüstete Karmann-Standard-Verbundgewebe mit der Note 3 zwar eine höhere, aber auch nur mäßig gute Wasser- und Alkoholabweisung.

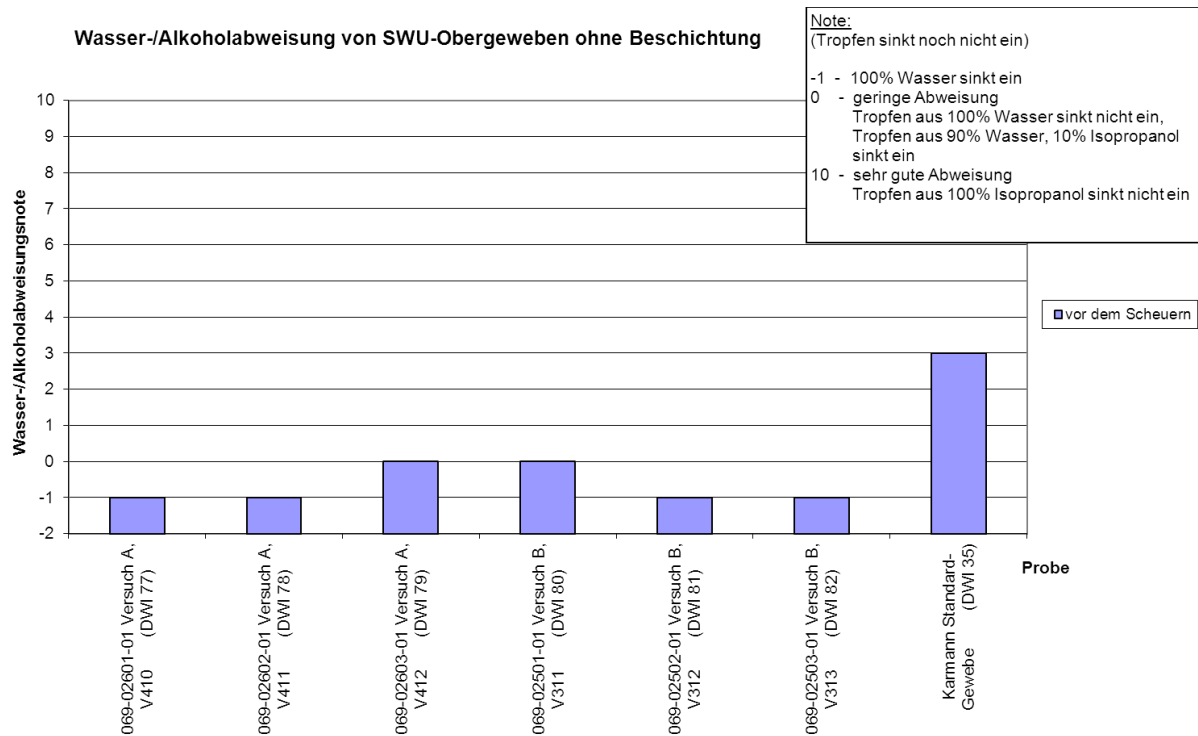


Abb. 29: Wasser- und Alkoholabweisung von gefärbten SWU-Obergeweben

1.1.4.2 Bestimmung der Ölabweisung von gefärbten SWU-Obergeweben

Die Ölabweisung der stückgefärbten SWU-Obergeweben wurde nach der AATCC-Test-Methode (s. Kapitel 1.13.8. Ölabweisung) mit 8 Testölen, die sich durch eine mit steigender Note abnehmenden Oberflächenenergie unterscheiden, untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb. 30 dargestellt. Alle Gewebe zeigten mit der Note 1 infolge der fehlenden zusätzlichen Ausrüstung nur eine sehr geringe Ölabweisung gegenüber der guten Ölabweisung des mit Fluorcarbonen ausgerüsteten Karmann Standard Verbundgewebes (der Note 6).

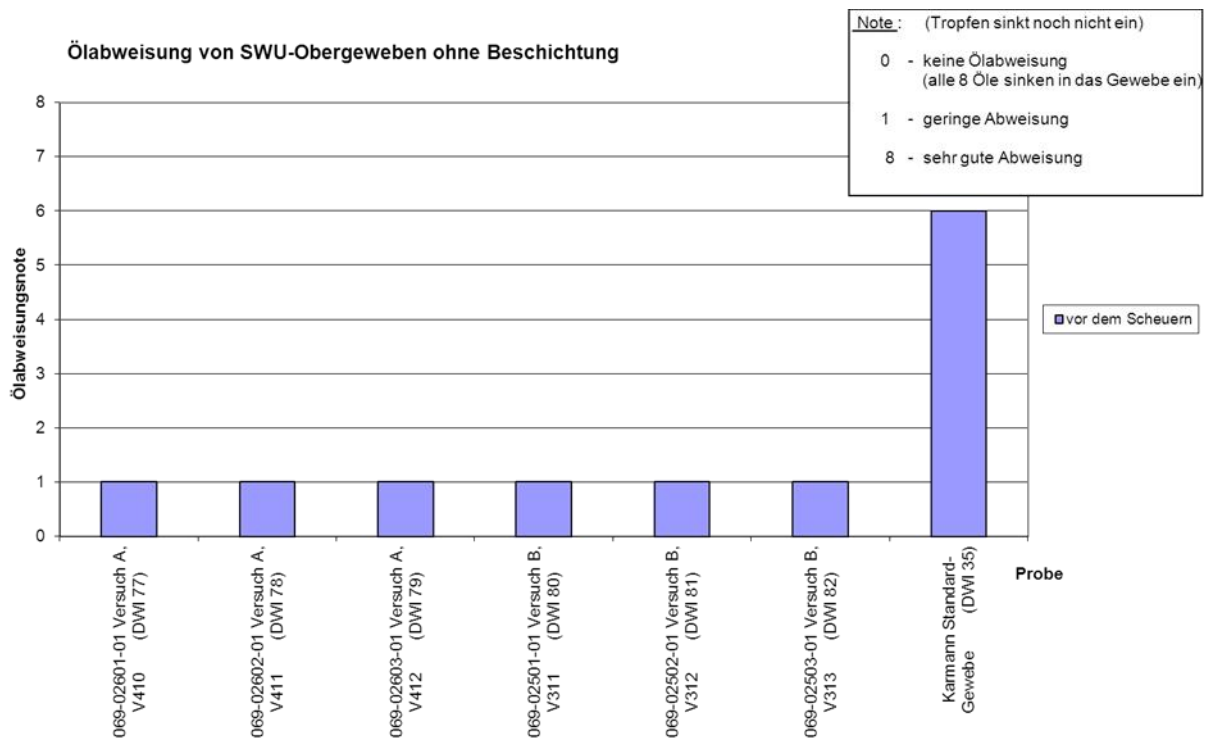


Abb. 30: Ölabweisung von gefärbten SWU-Obergeweben

1.1.4.3 Reibechtheiten trocken und nass an gefärbten SWU-Obergeweben

Die Farbechtheit der bei der Firma Lindencolor stückfärbten Gewebe wurde trocken und nass gegen Standard-Baumwollgewebe getestet. Die Ergebnisse sind in Abb. 31 zu sehen.

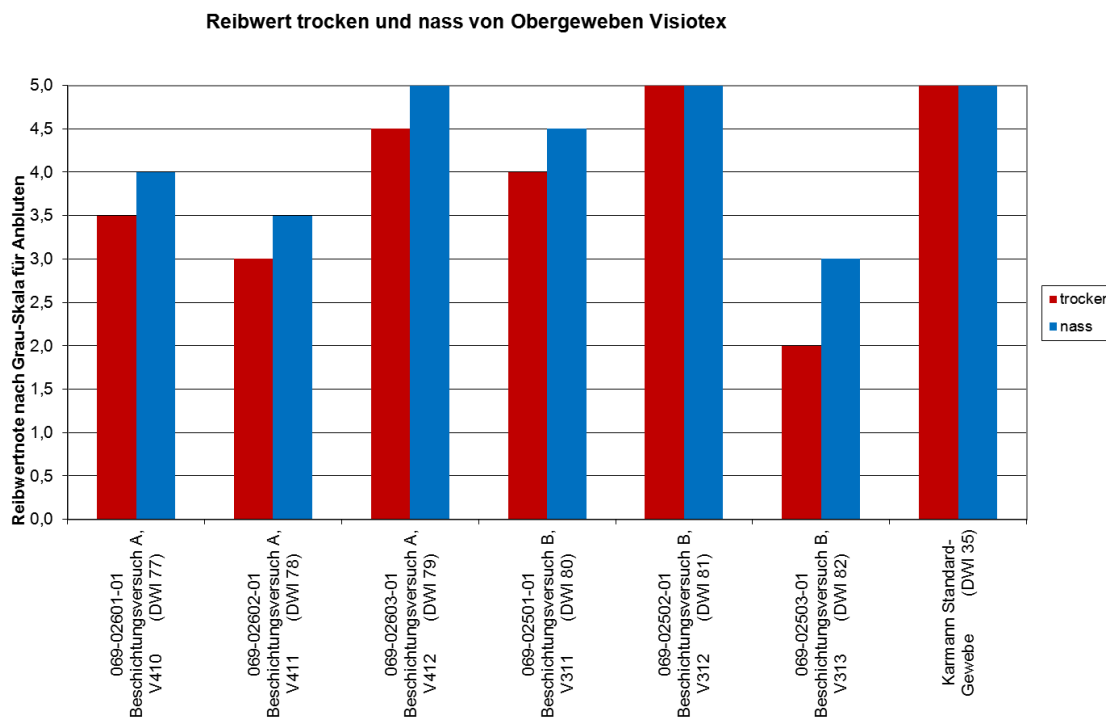


Abb. 31: Reibechtheiten trocken und nass an gefärbten SWU-Obergeweben

Auffällig war, dass die Reibechtheiten nass entweder gleich oder besser waren als die Reibechtheiten trocken. Normalerweise sind die Reibechtheiten trocken besser als die Reibechtheiten nass. Die Bestnote 5, das heißt kein Anbluten des Reibgewebes, wurde von dem Karmann Standard-Verbundgewebe und von der Probe 069-02502-01, Grün, Beschichtungsversuch B, V312 erreicht. Am schlechtesten schnitt die Probe 069-02503-01, orange, Beschichtungsversuch B, V313 mit der Reibwertnote 2 trocken und Reibwertnote 3 nass ab. Unabhängig von diesem Ausreißer ist jedoch zusammenfassend festzustellen, dass mit den gefärbten Geweben das sehr gute Reibechtheitsniveau des Standards erreicht wird.

1.2 Oberflächenanalytische Charakterisierung von Si-org. und FC-Schichten auf Si-Wafern

1.2.1 Einleitung

Die von der Fa. Diener Electronic GmbH & Co. KG hergestellten Fluorcarbon (FC)-beschichteten und die vom IFAM Bremen hergestellten Silicium-organisch (Si-org.)-beschichteten Gewebe wurden mit der Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS) charakterisiert, um sowohl Hinweise auf eine hinreichend dicke, homogene und hinsichtlich Schmutz- und Kraftstoffabweisung chemisch gute Beschichtung zu gewährleisten. Hierzu wird zunächst mittels FC- und Si-org. Schichten auf ebenen Si-Wafer substraten eine Datenbasis erarbeitet, die als Referenzen für die Gewebebeschichtungen dienen.

In Abb. 32 werden charakteristische XPS-Übersichtsspektren von FC- und Si-org.-beschichteten Geweben gezeigt. Charakteristisch für die FC-Beschichtungen sind die Fluorlinie sowie die beiden Si-Linien für die Si-org. Beschichtungen. Die Peakflächen der Photolinien

werden nach Korrektur mit einem elementspezifischen Wirkungsquerschnitt in Konzentrationen umgewandelt. Für die FC-Schicht resultiert eine Oberflächenzusammensetzung von 38,0 Atom% C, 4,7 Atom% O und 57,3 Atom% F und für die Si-org. Schicht 55,2 Atom% C, 22,4 Atom% und 22,2 Atom% Si. Alle Elemente mit einer Ordnungszahl größer als 2 können detektiert werden, d. h. Wasserstoff kann nicht detektiert werden und bleibt bei der Zusammensetzungsbestimmung unberücksichtigt. Die Informationstiefe beträgt für polymere Werkstoffe ca. 10 Nanometer. Ein Nachweis gewebespezifischer Elemente (wie z. B. N in PAN) deutet auf eine Schichtdicke kleiner als 10nm. Umgekehrt kann gefolgert werden, dass die Plasmaschichten dicker als 10 nm sind, falls gewebespezifische Elemente nicht mehr detektiert werden können.

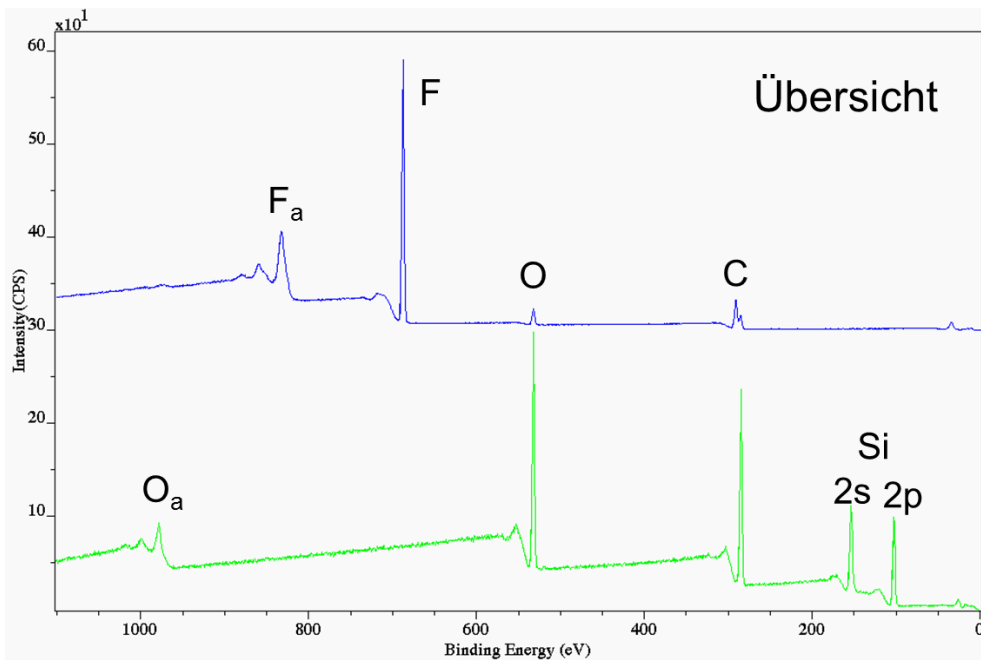


Abb. 32: Übersichtsspektren von FC- und Si-org.-beschichteten Geweben

Für die Plasmaschichten können hochaufgelöste F-, Si- bzw. C-Spektren weitere Informationen liefern. Abb. 33 zeigt eine C 1s-Spektrum der vorgenannten FC-Schicht. Aufgrund der unterschiedlichen chemischen Verschiebungen der Kohlenstoffgruppen können diese oftmals nebeneinander nachgewiesen werden (vgl. Tab.9).

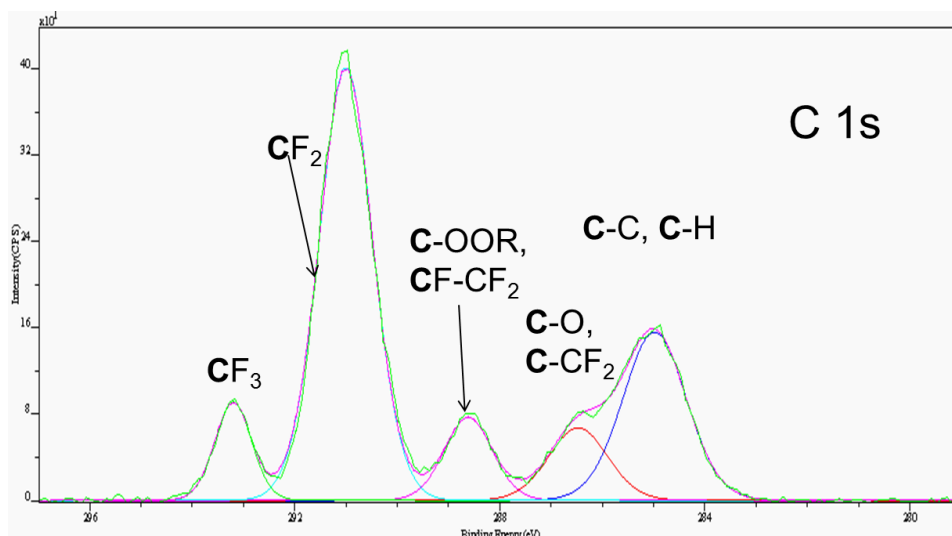


Abb. 33: C 1s-Spektrum von FC-beschichteten Si-Wafer

Tab. 9: C 1s-Bindungsenergien in eV der FC-Plasmaschichten im Vergleich zur Literatur

C-Species	Gemessene BE	Literatur ²⁵²⁶²⁷
C-C, C-H	285,0	285,0
C-O	286,5	286,5
C-CF₂	286,5	286,4
COOR	288,6	288,8
CF-CF₂	288,6	291,2
CF₂	291,0	290,9
CF₃	293,2	292,7

Aufgrund ihrer ähnlichen chemischen Verschiebung können die Kohlenstoffe der **C-O**- nicht von der **C-CF₂**-Gruppe sowie die **COOR**-Gruppe nicht von der **CF-CF₂** unterschieden werden, aber die für den hydrophoben Charakter der FC-Schicht verantwortlichen **CF₂**- und **CF₃**-Gruppen werden im hochaufgelösten C 1s-Spektrum gut aufgelöst. Wie später gezeigt wird, korrelieren der **CF₂**- sowie der **CF₃**-Gehalt mit den hydrophoben Eigenschaften der Oberfläche. Des Weiteren zeigt sich eine hohe Übereinstimmung der gemessenen Bindungsenergien mit den Literaturwerten. Ebenfalls zeigt die F 1s-Linie nur eine F-Spezies wie erwartet, das heißt neben dem C-F-gebundenen Fluor wird keine Fluorid-Spezies detektiert. Hieraus kann gefolgert werden, dass eine HF-Deposition auf dem Substrat falls überhaupt nur in vernachlässigbarer Weise stattfinden kann.

Die hochaufgelösten Spektren (Si, C und O) der Si-organischen Beschichtungen zeigen ebenfalls jeweils nur eine Spezies, deren Energielagen mit denen von siloxanartigen Verbindungen übereinstimmt und somit diesen Substanzen chemisch vergleichbar sind.

1.2.2 Erste oberflächenanalytische Untersuchungen von FC-Schichten (XPS)

Um die Eigenschaften der abzuschleifenden FC-Schichten wie Abscheideraten, Oberflächenzusammensetzung und Bindungszustände, Kontaktwinkel und Oberflächenenergien besser verstehen zu lernen, werden zunächst auf ebenen Substraten wie Silicium-Wafern FC-Schichten abgeschieden (Fa. Diener) und anschließend mit den zur Verfügung stehenden analytischen Messmethoden charakterisiert (Parameter sind dem Teilbericht der Fa. Diener zu entnehmen). Tab. 10 zeigt die Elementzusammensetzung der auf unterschiedliche Weisen abgeschiedenen FC-Schichten. Hinsichtlich der ebenen Substrate können keine signifikanten Unterschiede in der Oberflächenzusammensetzung der FC-Schichten detektiert werden. Abb. 34 zeigt ein Overlay der hochaufgelösten C 1s-Spektren der verschiedenen C-F-Schichten. Beim Vergleich der Kohlenstoffbindungszustände (vgl. Tab. 11) sind die Unterschiede ebenfalls nur marginal. Hieraus kann gefolgert werden, dass die Schichtzusammensetzung innerhalb des variierten Parameterbereichs nicht signifikant beeinflusst wird.

Tab. 10: Elementzusammensetzung von auf unterschiedliche Weise abgeschiedenen FC-Schichten auf Si-Wafern

Probenbezeichnung	Kohlenstoff	Sauerstoff	Fluor
A V2	39,2	4,8	56,0
B V1	38,0	4,7	57,3
B V2	39,4	5,2	55,4
C V2	37,4	5,0	57,6

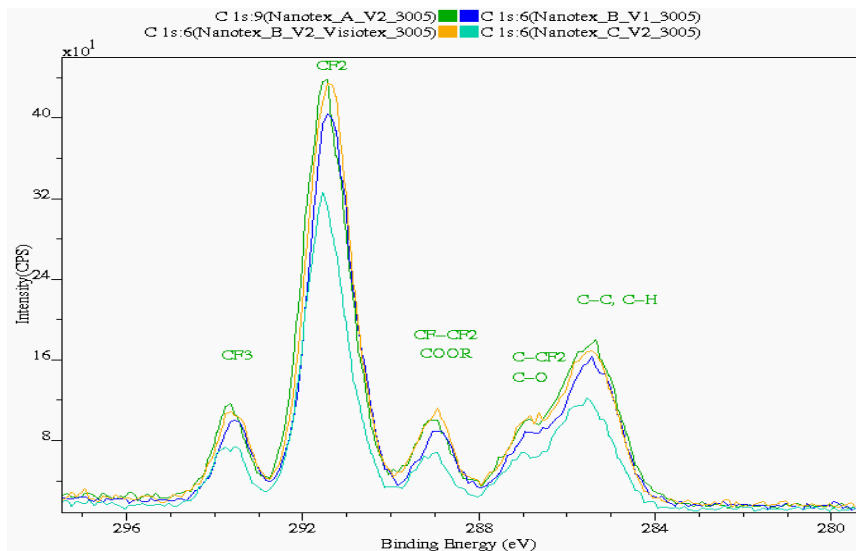


Abb. 34: C 1s-Spektren der verschiedenen hergestellten CF-Schichten auf Si-Wafern

Tab. 11: Kohlenstoff-Anteile der unterschiedlich hergestellten CF-Schichten

Probenbezeichnung	C-C, C-H	C-O, CH ₂ -CF ₂	CF-CF ₂ , COOR	CF ₂	CF ₃
A V2	9,1	3,6	2,3	21,6	2,7
B V1	8,5	2,8	2,2	21,6	3
B V2	8,8	3,2	2,4	22,3	2,7
C V2	8,7	2,7	1,8	21,4	2,8

1.2.3 Kontaktwinkel, Oberflächenenergien, Schichtdicken von FC-Schichten

Mittels einer niedrigen Oberflächenenergie einer Beschichtung lassen sich wasser- und damit schmutzabweisende Oberflächen herstellen. Über die Kontaktwinkel der FC-Schichten gegenüber den unterschiedlich polaren Lösungsmitteln Wasser und Methylenjodid wurden die Oberflächenenergie sowie deren disperse und polare Anteile bestimmt. Diese werden den entspre-

chenden Werten eines unbehandelten Si-Wafers gegenübergestellt (vgl. Tab. 12). Die Kontaktwinkel der FC-Schichten erhöhen sich deutlich gegenüber dem unbehandelten Si-Wafer von ca. 58° auf ca. 120° (gegenüber Wasser) und von 55° auf ca. 102° (gegenüber Methylenjodid). Damit sinkt die Oberflächenenergie von 48 auf ca. 8 mN/m, was auf eine signifikant hydrophobere Oberflächen hindeutet. Dies korreliert gut mit den mittels XPS detektierten abgetrennten Schichten mit hohen Anteilen an CF₂- und CF₃-Gruppen.

Tab. 12: Kontaktwinkel der CF-Schichten gegenüber Wasser und Methylenjodid sowie die hieraus bestimmten Oberflächenenergien sowie die dispersen und polaren Anteile

Probenbezeichnung	KW Wasser [°]	KW Jodmethan [°]	OE [mN/m]	disp. [mN/m]	polar [mN/m]
Si-Wafer, unbeh.	57,9 ± 2,5	55,4 ± 4,4	48,45	31,16	17,28
A V2	119,1 ± 1,9	102,2 ± 0,5	8,49	7,88	0,61
B V1	120,6 ± 3,1	103,1 ± 0,2	8,09	7,58	0,51
B V2	119,0 ± 1,9	102,8 ± 1,5	8,38	7,72	0,66
C V2	120,1 ± 1,2	101,9 ± 1,3	8,48	8,00	0,48

Mittels ellipsometrischen Untersuchungen wurden die Schichtdicken der unterschiedlich hergestellten FC-Schichten bestimmt (Tab. 13), woraus die Abscheiderate des jeweiligen Abscheidungsprozesses berechnet werden kann. Hinsichtlich der Schichtdicken variieren FC-Schichten sehr deutlich und reichen von ca. 60 nm bis 260 nm. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass dies eine Folge einer unterschiedlichen Positionierung in der Beschichtungskammer ist und eine nicht vollständig wirkungsvolle Zerstäubung die unterschiedlichen Schichtdicken zur Folge haben (Dr. Haag, Fa. Diener).

Tab. 13: Schichtdicken der auf unterschiedliche Weise erzeugten FC-Schichten

Probenbezeichnung	Schichtdicke [nm]
Si-Wafer, unbeh.	1,4 ± 0,1
A V2	145,5 ± 6,7
B V1	63,3 ± 0,4
B V2	181,0 ± 10,3
C V2	259,6 ± 5,0

1.2.4 Oberflächenanalytische Untersuchungen von Si-organische Beschichtungen (XPS) (Vergleich zweier Plasmasysteme, Homogenität der Beschichtung)

Am IFAM in Bremen stehen zwei Plasmasysteme zur Verfügung, die zur Plasma-Abscheidung von Silicium-organischen Schichten (Si-org.) eingesetzt werden (Plasmasystem: PA 9150507 und PA 7160507). Zunächst sollte verglichen werden, ob diese gleiche Si-org. Schichten auf Si-Wafern erzeugen. Abb. 35 zeigt Übersichtsspektren der Si-organischen Plasmaschichten, die nahezu gleich sind. Die quantitative Auswertung der Spektren zeigt zwar für den Si-Gehalt nahezu identische Werte; Unterschiede bestehen jedoch für die Gehalte von Kohlenstoff und Sauerstoff (Tab. 14).

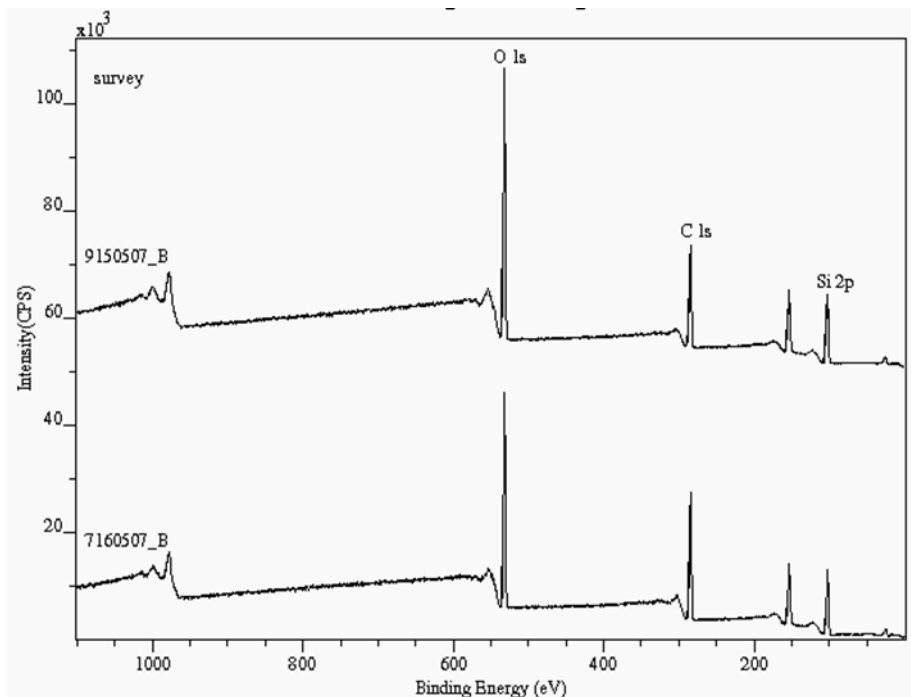


Abb. 35: Übersichtsspektren von Si-org.-beschichteten Si-Wafern von zwei Plasmasystemen (91505607_B und 7160507_B)

Tab. 14: Vergleich der beiden Plasmasysteme (IFAM) über die Elementzusammensetzung (Atom%) der erzeugten Si-org. Schichten auf Si-Wafern

Elemente	PA 9150507	PA 7160507
Si	23,5	22,2
C	40,0	49,3
O	36,5	28,5

Im nächsten Schritt wurde nun untersucht, ob über die Breite des Plasmasystems PA9150507 die Homogenität in der Oberfläche übereinstimmend ist. Abb. 36 zeigt eine Überlagerung der Übersichtsspektren in einer Breite von 2 – 8 cm. Innerhalb der Breite von 2 - 8cm sind keine signifikanten Unterschiede zu detektieren (Tab. 15), was ein Indiz für die Flächenhomogenität der Ausrüstung ist.

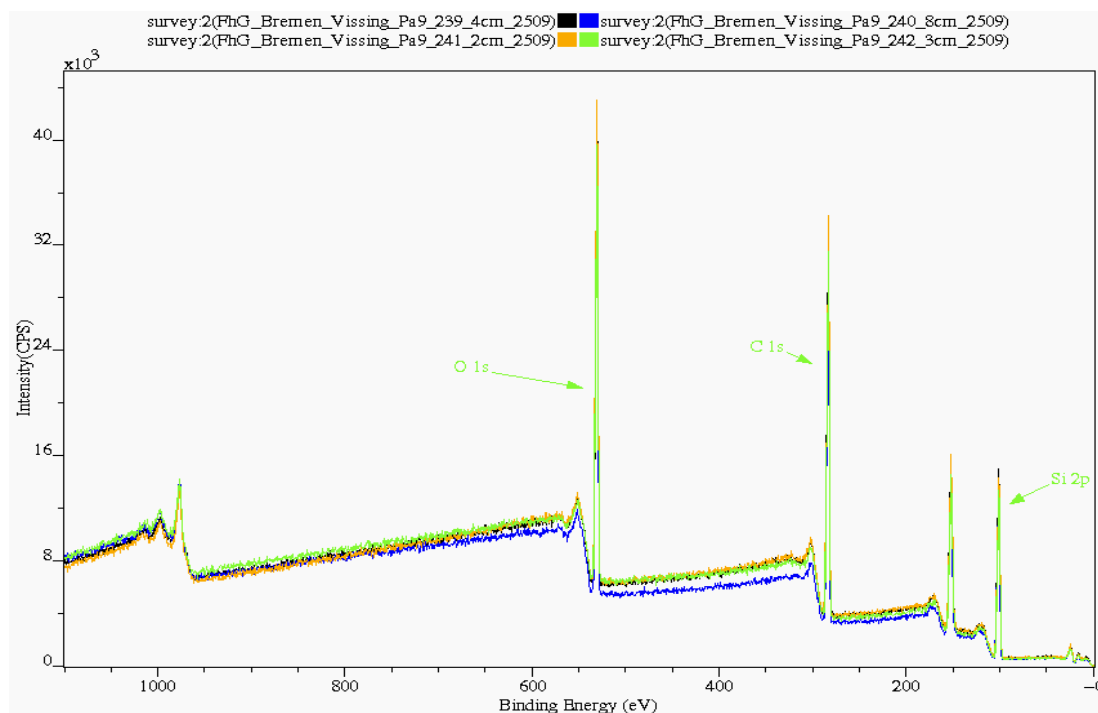


Abb. 36: Übersichtsspektren von Si-org.-beschichteten Si-Wafern des Plasmasystems 9150507_B über die Bahnbreite von 2 – 8 cm

Tab. 15: Oberflächenhomogenität des Plasmasystems 9150507B über die Elementzusammensetzung (Atom%) der erzeugten Si-org. Schichten auf Si-Wafern

Pos.	Si	C	O
2 cm	21,8	55,5	22,7
3 cm	22,2	55,4	22,4
4 cm	22,8	54,5	22,7
8 cm	22,7	52,1	25,2

1.2.5 Kontaktwinkel und Oberflächenenergien von Si-org. Schichten

An jeweils 5 Proben wurden für die an beiden Plasmasystemen abgeschiedenen Si-organischen Schichten die Kontaktwinkel gegenüber Wasser und Jodmethan bestimmt (Tab. 16 und 18). Pro Probe wurden 10 Messungen durchgeführt und die Standardabweichung bestimmt. Für die Oberflächenenergien sowie die polaren und dispersen Anteile wurde der Mittelwert berechnet (Tab. 17 und 19). Die Si-org. Schichten zeigen im Vergleich zu den FC-Schichten einen etwas geringeren Kontaktwinkel gegenüber Wasser von ca. 105° bzw. 96° im Vergleich zu 120° für die FC-Schichten. Gegenüber Jodmethan ergeben sich Kontaktwinkel von 75° bzw. 70°, während 102° für FC-Schichten bestimmt werden. Hieraus resultieren Oberflächenenergien, die für die Si-org. Schichten bei 20,6 mN/m bzw. 25,0 mN/m liegen, jedoch für die FC-Oberflächen bei 8,5 mN/m bestimmt werden. Erwartungsgemäß liegt die Oberflächenenergie der FC-Schichten unterhalb der der Si-org. Schichten, wobei das Hydrophobierungsniveau der Si-org. Schichten hinreichend gut ist, um eine entsprechende Wasserabweisung zu erzielen.

Tab. 16: Kontaktwinkel der aus dem Plasmasystem PA7160507B abgeschiedenen Si-org. Schichten

Probe	Kontaktwinkel	Standardabweichung	Anzahl
Wasser	104,3	0,09	10
	105,3	0,10	10
	104,3	0,08	10
	104,5	0,16	10
	105,1	0,13	10
Jodmethan	76,0	0,18	10
	75,9	0,12	10
	75,0	0,08	10
	75,9	0,07	10
	74,8	0,12	10

Tab. 17: Oberflächenenergie sowie disperser und polarer Anteil der aus dem Plasmasystem PA7160507B abgeschiedenen Si-org. Schichten (Mittelwert)

Oberflächenenergie	disperser Anteil	polarer Anteil	Qualität
20,62 mN/m	19,84 mN/m	0,78 mN/m	100%

Tab. 18: Kontaktwinkel der aus dem Plasmasystem PA9150507B abgeschiedenen Si-org. Schichten

Probe	Kontaktwinkel	Standardabweichung	Anzahl
Wasser	93,7	0,05	10
	96,0	0,05	10
	96,2	0,11	10
	96,3	0,06	10
	95,7	0,03	10

Jodmethan	69,7	0,24	10
	69,6	0,20	10
	70,8	0,11	10
	70,2	0,19	10
	70,9	0,06	10

Tab. 19: Oberflächenenergie sowie disperser und polarer Anteil der aus dem Plasmasystem PA9150507B abgeschiedenen Si-org. Schichten

	disperser Anteil	polarer Anteil	Qualität
24,94 mN/m	22,74 mN/m	2,2 mN/m	99%

Die Ergebnisse der oberflächenanalytischen Untersuchungen zeigen sowohl für die XPS-Analyse als auch für die Kontaktwinkelbestimmung ein sehr einheitliches Bild, so dass für die Si-organische Beschichtung mit beiden eingesetzten Plasmaanlagen von einer homogenen Plasmabeschichtung über die gesamte Warenbreite ausgegangen werden kann. Die Schichtdicken der Si-organischen Schichten wurden direkt am IFAM bestimmt (vgl. hierzu IFAM-Abschlussbericht).

1.2.6 Erste oberflächenanalytische Untersuchungen von FC-Schichten auf Geweben

Die auf Si-Wafer getesteten FC-Abscheidebedingungen wurden nun auf unterschiedliche Gewebe übertragen und entsprechend oberflächenanalytisch charakterisiert.

Tab. 20: Oberflächenzusammensetzung in Atom% von Geweben nach diversen FC-Ausrüstungen

Proben-Nr.	Kohlenstoff	Sauerstoff	Fluor	Andere
4	55,1	16,9	26,4	Si 0,7; N 0,9
5	45,1	14,4	36,9	Si 0,8; 2,9
6	41,3	7,3	48,3	Si 0,5; N 2,2; Na 0,5
7	39,9	5,4	53,7	N 1,0

Die Ausrüstungen der Proben 6 und 7 zeigen gegenüber den Ausrüstungen der Proben 4 und 5 signifikant unterschiedliche Fluorgehalte, woraus geschlossen werden kann, dass eine einfache Übertragung der Abscheidebedingungen von Si-Wafern, bei denen unabhängig von den Ausrüstungsbedingungen ein einheitliches Ausrüstungsergebnis erhalten wurde, (vgl. Tab. 11) auf Gewebe nicht möglich ist.

1.3 Schichtstabilität von Untergeweben mit Si-org. Schichten

Auf das Untergewebe UPES 8 (PA 9171207) mit Körperbindung wurden vom IFAM drei verschieden harte Si-org. Beschichtungen (A=weich, B=mittelhart und C= hart) aufgebracht (vgl. hierzu auch IFAM-Abschlussbericht). Ein am DWI entwickelter Schnelltest zur Schichtstabilität ermittelte die Hydrophobierungsgrade der Beschichtungen vor und nach stufenweiser Scheuerbeanspruchung der beschichteten Gewebe bis zu 50.000 Touren auf dem Martindale Scheuertester (s. Kapitel 1.13.2. Martindale Scheuerprüfung). Der Hydrophobierungsgrad der Proben wurde vor dem Scheuern und nach jeder Scheuerstufe durch die Alkohol- und Wasserabweisung mittels Tropfentest nach 3M (s. Kapitel 1.13.3. Tropfentest) untersucht. Er gab Auskunft über die Güte der Beschichtungen und auch über mögliche Beschädigungen der Beschichtungen durch den Scheuerprozess. 11 Medien aus verschiedenen Anteilen Wasser und Alkohol wurden hergestellt und entsprechend Noten von 0 bis 10 vergeben. Note 0 bedeutete sehr schlechte Abweisungseigenschaften und wurde dann vergeben, wenn ein Tropfen aus 100% Wasser 10 sec. lang gerade noch nicht in das Gewebe einsank. Note 10 bedeutete, dass ein Tropfen aus 100% Alkohol gerade noch nicht in das Gewebe einsank. (Entsprechend wurden in Klammern Noten gegeben für den Tropfen, der so gerade in das Gewebe einsank)

Zum Vergleich wurden auch das unbeschichtete Untergewebe und das Karmann-Standard-Verbundgewebe analysiert. Die entsprechenden Proben sind in Tab. 21 mit ihren technischen Daten aufgelistet.

Tab. 21: Technische Daten der Untergewebe mit Si-org. Schichten für den Schichtstabilitätstest

DWI-Nr.	IFAM-Nr.	Bindung	Mischung	Beschichtung
26	UPES 8	Körper 2/2 1/1 S	100% PES	Ohne
46	UPES 8 PA 9171207 A	Körper 2/2 1/1 S	100% PES	Si-org.- Beschichtung A weich
47	UPES 8 PA 9171207 B	Körper 2/2 1/1 S	100% PES	Si-org.- Beschichtung B mittel
48	UPES 8 PA 9171207 C	Körper 2/2 1/1 S	100% PES	Si-org.- Beschichtung C hart
35	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen		Fluorcarbon- Beschichtung

Das unbeschichtete Untergewebe zeigte erwartungsgemäß keine Wasser-/Alkoholabweisung. Alle Tropfen sanken sofort in das Gewebe ein. Wie in Tab. 22 und Abb. 37 zu sehen ist, erreichten alle 3 Untergewebe mit Si-org. Beschichtungen vor dem Scheuern und nach 50.000 Touren Noten zwischen 1 und 2, was eine geringe Wasser-/Alkoholabweisung bedeutet. Zur besseren Detektion von Unterschieden wurden Medien mit feiner abgestuften Mischungsverhältnissen hergestellt, die auch Viertelnoten zwischen Note 0 und Note 3 zuließen (z.B. Note 1 = 10% i-Propanol + 90% Wasser, Note 1,25 = 12,5% i-Propanol + 87,5% Wasser). Durch diese Variation konnten bei der stufenweisen Erhöhung der Scheuertouren bis 50.000 Touren Veränderungen der wasser- und alkoholabweisenden Eigenschaften um eine Viertel- bis Dreiviertelnote festgestellt werden. Die harte Si-org. Beschichtung C zeigte die beste Wasser-/Alkoholabweisung.

Wenngleich die abweisenden Eigenschaften des Karmann Standard Verbundgewebes etwas höher ausfielen als die der Si-org. beschichteten Untergewebe, so zeichneten sich diese durch eine deutlich bessere Stabilität gegenüber Abrasion aus, was die Vorteile des plasmagestützten Verfahrens gegenüber der konventionellen Ausrüstung nachhaltig unterstreicht. Grundsätzlich nimmt dabei die Stabilität der Beschichtung mit der Schichthärte zu.

Tab. 22: Stabilität der Si-org. Beschichtungen auf UPES 8

Probe	UPES 8				Karmann Standard Verbund
	unbehandelt	A weich	B mittel	C hart	
Vor dem Scheuern	- (0)	1,5 (2)	1,75 (2,25)	1,75 (2,25)	3 (10)
Nach 1000 Touren	- -	1,5 (2,25)	1,75 (2,25)	1,75 (2,25)	- -
Nach 5000 Touren	- -	1,5 (2,25)	1,5 (2,25)	1,6 (2,25)	1,25 (2)
Nach 10000 Touren	- -	1,5 (2,25)	1,5 (2,25)	1,5 (2,1)	- -
Nach 25000 Touren	- -	1,5 (2,25)	1,5 (2,25)	1,5 (2,1)	1,25 (2)
Nach 50000 Touren	- -	1 (2)	1 (2)	1,5 (2,1)	0,5 (2)

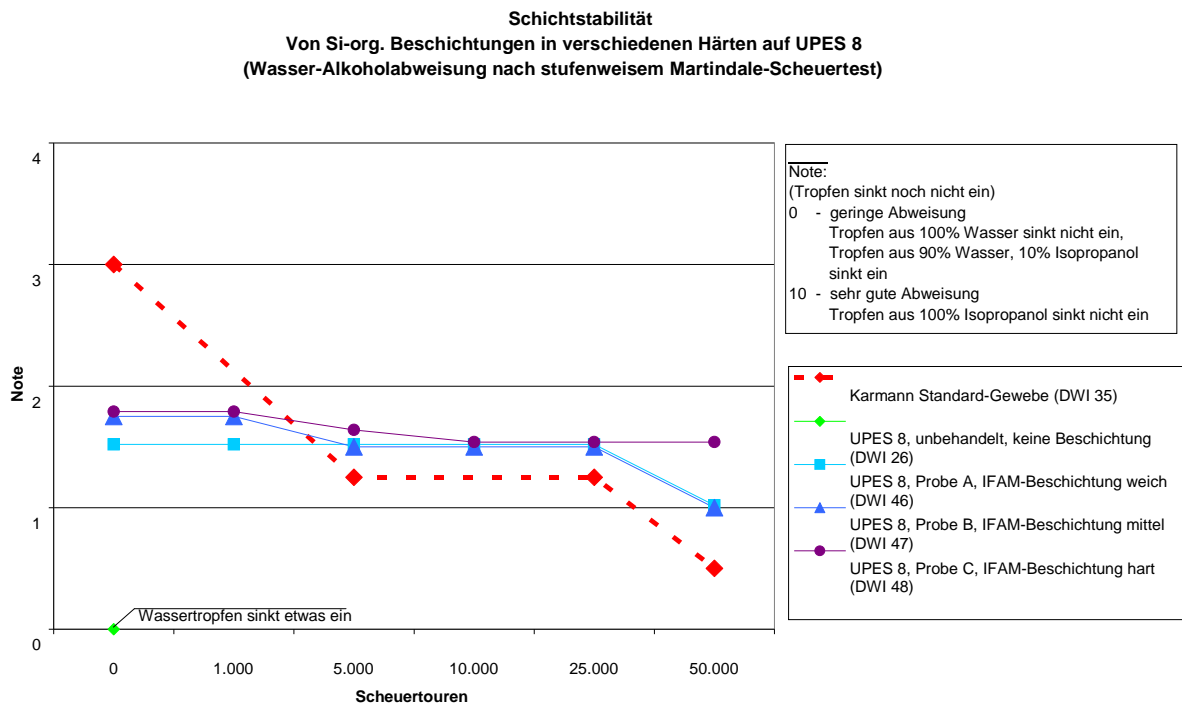


Abb. 37: Stabilität von verschiedenen harten Si-org.-Beschichtungen (IFAM) auf UPES 8

1.4. Bewertung von Obergeweben mit Si-org. Schichten

Die vier Obergewebe aus 100% PAN (s. Tab. 23), die nach den umfangreichen Webversuchen der Firma SWU ausgewählt worden waren, wurden beim IFAM mit entsprechenden Si-org. Beschichtungen ausgestattet. Anschließend wurde der Hydrophobierungsgrad anhand der Wasser-/Alkoholabweisung wie zuvor beschrieben analysiert. Darüber hinaus wurden zur weiteren Charakterisierung der Gewebe der Gewebeindex als Wert für die Dichte der Gewebe ermittelt, die Luftdurchlässigkeit der unbeschichteten und beschichteten Gewebe analysiert und mit der Wasser- und Alkoholabweisung verglichen und das Abrieb- und Bruchverhalten der Fasern an der Gewebeoberfläche anhand von REM-Aufnahmen untersucht. Bei der Scheuerbeanspruchung wurde zum Vergleich wiederum das aktuelle Karmann Standard-Verbund-Gewebe untersucht.

Tab. 23: Technische Daten der Obergewebe mit Si-org. Schichten

DWI-Nr.	IFAM-Nr.	Bindung	Schussgarn	Mischung	Beschichtung
49	OPAN 1 A alpha	Köper 2/1 S	Ringgarn x2	100% PAN	Si-org. Beschichtung
51	OPAN 1 C alpha	Köper 2/1 S	OE-Garn x2	100% PAN	Si-org. Beschichtung
52	OPAN 7 C alpha	Mehrgratköper 2/1 1/2 S	OE-Garn x2	100% PAN	Si-org. Beschichtung
50	OPAN 24 A alpha	Spitzköper 2/1	Ringgarn x2	100% PAN	Si-org. Beschichtung
35	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen			Fluorbeschichtung

1.4.1. Schichtstabilität der Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung

Tab. 24 und Abb. 38 zeigen die Ergebnisse der entsprechenden Prüfung der wasser- und alkoholabweisenden Eigenschaften vor und nach der stufenweise durchgeführten Scheuerprüfung. Auch hier zeigte sich der bereits für das Untergewebe festgestellte Trend, wenngleich die abweisenden Eigenschaften vor der Scheuerbeanspruchung etwas niedriger ausfielen und nach einer Beanspruchung über 50.000 Scheuertouren auf dem entsprechenden Niveau des Standardmaterials lagen.

Tab. 24: Stabilität der Si-org. Beschichtungen auf Obergeweben

Probe	OPAN				Karmann Standard
	1 A alpha	1 C alpha	7 C alpha	24 A alpha	Verbund
Vor dem Scheuern	1,25 (1,5)	1,25 (1,5)	1,5 (1,75)	1,4 (1,75)	3 (10)
Nach 5000 Touren	1 (1,25)	1 (1,25)	1,1 (1,25)	1,1 (1,25)	1,25 (2)
Nach 25000 Touren	1 (1,25)	0 (1)	1 (1,25)	0,5 (1)	1,25 (2)
Nach 50000 Touren	0 (1)	0 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (2)

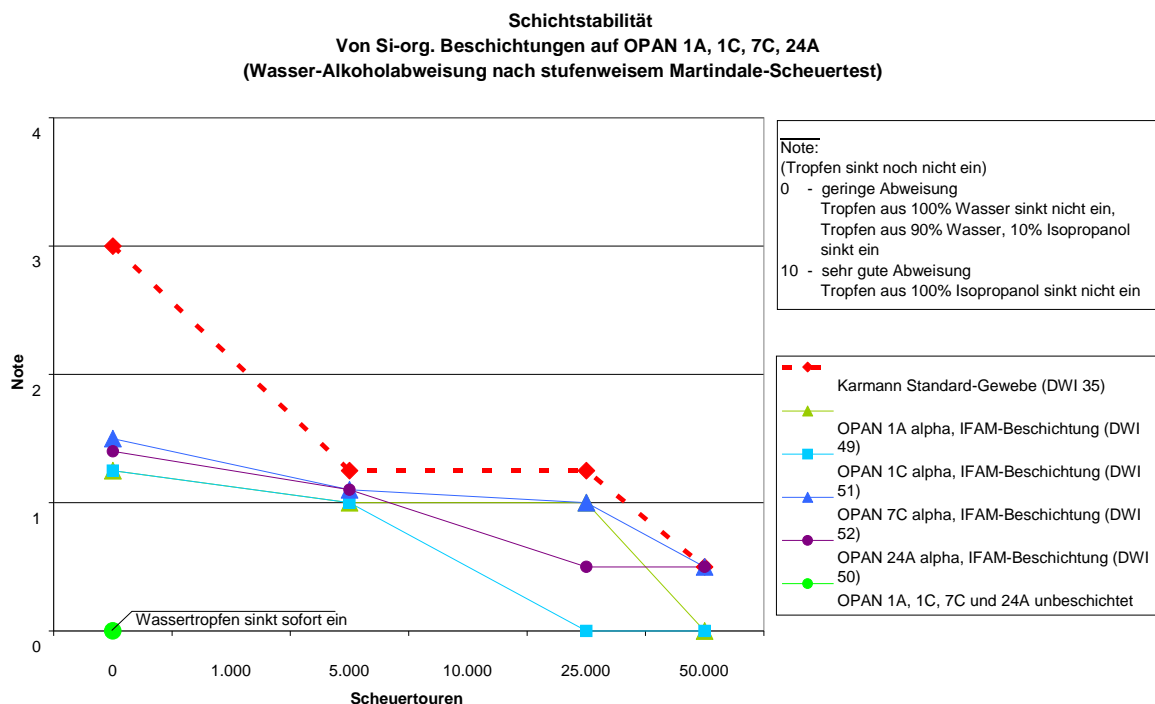


Abb. 38: Stabilität der Si-org. Beschichtung auf Obergeweben

Die vier untersuchten Obergewebe zeigten alle etwas unterschiedliche Wasser-Alkohol-Abweisungen. Das Obergewebe mit Mehrgradkörper schnitt etwas besser ab als die übrigen Gewebe. Deshalb wurden diese mit den Gewebeparametern Schussmaterial (Ring und OE-Garn), Bindung, Gewebeindex und Luftdurchlässigkeit verglichen. Die Proben OPAN 1A alpha und OPAN 1C alpha (gleiche Bindung, nur unterschiedliches Schussmaterial) zeigten nach der Beschichtung beim Tropfentest zunächst die gleichen Noten, die Probe OPAN 1A alpha mit dem Ringgarn im Schuss zeigte jedoch eine etwas bessere Schichtstabilität.

1.4.2. Gewebeindex der Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung

Um zu analysieren, ob eventuell unterschiedliche Gewebedichten der vier untersuchten Obergewebe Einfluss auf das Eindringverhalten der Tropfen beim Testen der Wasser-/Alkoholabweisung nehmen, wurde von allen vier Obergeweben der Gewebeindex nach Walz und Luibrand bestimmt. Er gibt Auskunft über die Dichte eines Gewebes. Der Gewebeindex eines Gewebes berechnet sich aus der Kett- und Schussfadendichte, dem Kett- und Schussgarn Durchmesser und dem Bindungsfaktor, der von der Anzahl an Bindungspunkten pro Fläche abhängt. Da bei den hier geprüften vier Geweben alle diese Faktoren gleich waren, ergab sich, wie in Tab. 25 zu sehen ist, bei allen Geweben der gleiche Gewebe-Index. Der Kett-Index betrug 131%, der Schuss-Index betrug 57% und daraus errechnete sich für alle vier Gewebe ein Gesamt-Gewebe-Index von 75%. Der Gewebeindex konnte also nicht die Ursache für die etwas unterschiedlichen Wasser-/Alkoholabweisungen der Gewebe sein.

Tab. 25: Gewebeindex der 4 Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung (IFAM)

Probenbezeichnung	Bindung	Bindungsfaktor Kette	Bindungsfaktor Schuss	IK(%) Index Kette	IS(%) Index Schuss	IG(%) Gewebeindex
OPAN 1A alpha	Köper 2/1 S	0.83	0.83	131	58	75
OPAN 1C alpha	Köper 2/1 S	0.83	0.83	131	58	75
OPAN 7C alpha	Mehrgratköper 2/1 1/2 S	0.83	0.83	131	58	75
OPAN 24A alpha	Spitzköper 2/1	0.83	0.83	131	58	75

1.4.3. Luftdurchlässigkeit der Obergewebe mit und ohne Si-organischer Beschichtung

Nachdem bei allen vier Obergeweben der gleiche Gewebeindex ermittelt worden war sollte untersucht werden, ob sie sich in den Luftdurchlässigkeiten unterscheiden und eventuell deshalb unterschiedliche Ergebnisse beim Tropfentest zeigten. An allen vier unbeschichteten und beschichteten Geweben wurde mit Hilfe der Textiluhr nach Kretschmer an einer Messfläche von 20 cm² je viermal die Luftdurchlässigkeit gemessen. Wie aus Tab. 26 und Abb. 39 zu ersehen wurde die höchste Luftdurchlässigkeit (unbeschichtet und beschichtet) bei der Probe OPAN 7C alpha mit der Bindung Mehrgratköper gemessen. Bei dieser Probe war in beschichtetem Zustand auch die Wasser-/Alkoholabweisung tendenziell etwas höher. Hier traf es nicht wie vermutet zu, dass die Probe mit der höchsten Luftdurchlässigkeit, die eine offenere Struktur besitzt, auch einen Tropfen aus einem Wasser-Alkohol-Gemisch leichter eindringen ließ. Vermutlich sorgte der beim Mehrgratköper im Vergleich zum Köper 2/1 stärker ausgeprägte Köpergrat dafür, dass ein Tropfen die Stoffprobe auf einer kleineren Fläche berührte und deshalb nicht so schnell in das Gewebe eindringen konnte. Es bleibt festzustellen, dass die Luftdurchlässigkeit durch die Beschichtung nur unwesentlich beeinflusst wird. Dies lässt einerseits auf eine sehr geringe Dicke der abgeschiedenen Schicht schließen, andererseits auf die gewünschte bevorzugte Deposition des Plasmapolymers auf der Faseroberfläche und nicht in den Faser-Zwischenräumen.

Tab. 26: Luftdurchlässigkeit der Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung im Vergleich zur Wasser-Alkohol-Abweisung

Probe	Luftdurchlässigkeit Messzeit in sec.	Luftdurchlässigkeit in l / (m ² x sec.)	Wasser-Alkohol-Abweisung	Wasser-Alkohol-Abweisung nach 25.000 Touren Martindale
unbeschichtet				
1A	19	66	0	0
1C	15.9	79	0	0
7C	13.4	93	0	0
24A	16.2	77	0	0

beschichtet				
1A	18.6	67	1.25	1.0
1C	15.5	81	1.25	0
7C	11.7	107	1.5	1.0
24A	16	78	1.4	0.5

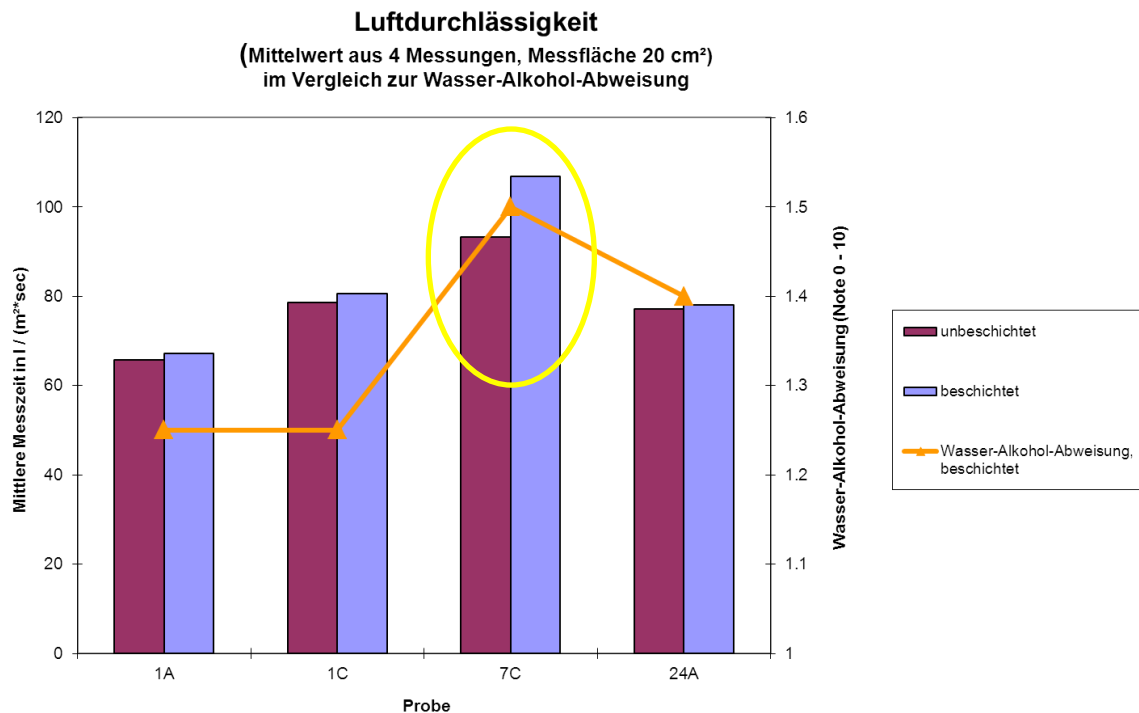


Abb. 39: Luftdurchlässigkeit der Obergewebe mit Si-organischer Beschichtung im Vergleich zur Wasser-Alkohol-Abweisung

1.4.4 Veränderungen der Oberflächen der Obergewebe mit Si-org. Beschichtung nach mechanischer Belastung von 50.000 Scheuertouren

Auf Basis der in Kap. 1.3. beschriebenen Ergebnisse zum Einfluss der Härte der abgeschiedenen Schicht auf die Effektbeständigkeit bei mechanischer Beanspruchung lässt sich folgern, dass nicht nur die Beschichtung der Beanspruchung standhält, sondern möglicherweise auch das zugrunde liegende Fasermaterial vor einer Zerstörung schützen kann. Deshalb wurden das unbeschichtete und beschichtete Fasermaterial vor und nach einer Scheuerbeanspruchung von 50.000 Touren mittels REM untersucht. Abb. 40 und 41 zeigen die unbeschichteten Fasern aus PAN, in Abb. 42 und 43 sind PAN-Fasern mit Si-org. Beschichtung zu sehen und Abb. 44 und 45 zeigen, wie die Si-org. Beschichtung durch 50.000 Scheuertouren auf dem Martindale verändert wurden. Dabei wird ein Abrieb auf der Faseroberfläche detektiert, der auf einen partiellen Abtrag der im Plasma aufgetragenen Schicht bei der starken mechanischen Beanspruchung schließen lässt.

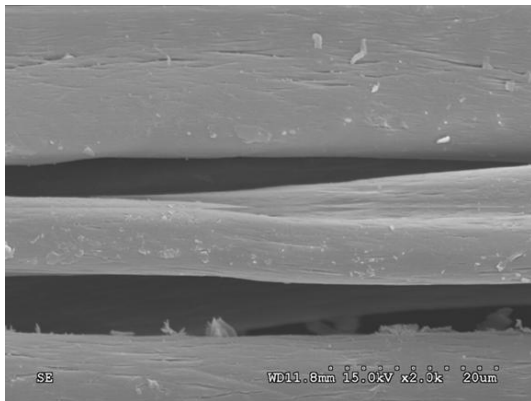


Abb. 40: OPAN 24A unbeschichtet

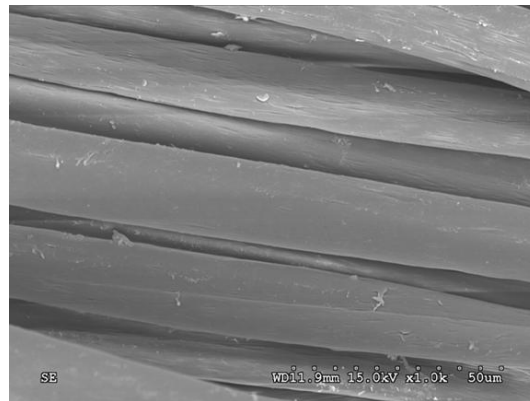
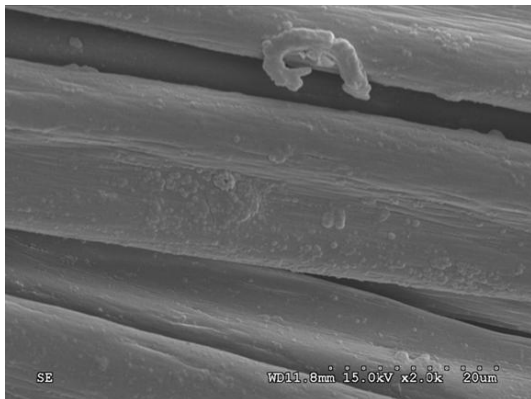
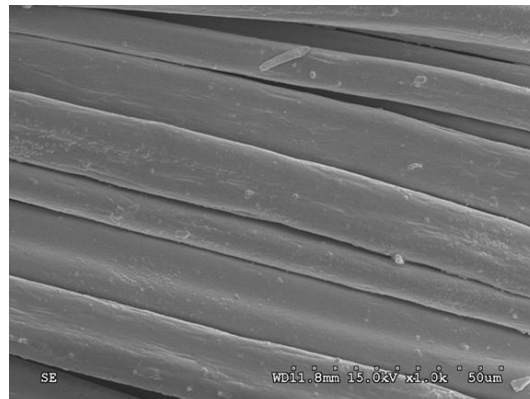
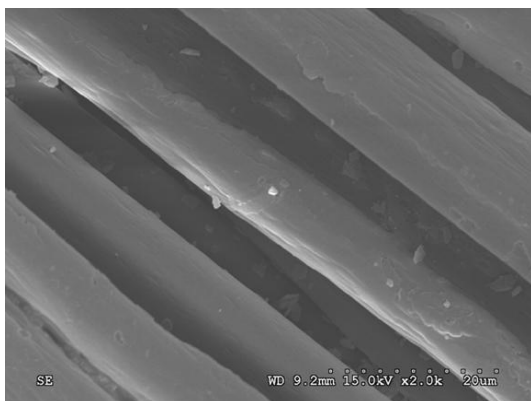
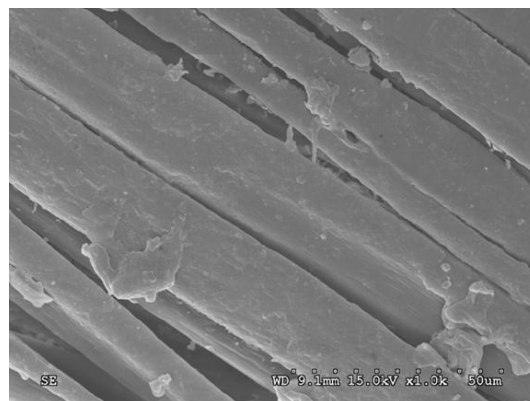


Abb. 41: OPAN 24A unbeschichtet

Abb. 42: OPAN 24A
mit Si-organischer BeschichtungAbb. 43: OPAN 24A
mit Si-organischer BeschichtungAbb. 44: OPAN 24A
mit Si-organischer Beschichtung
+ 50.000 Touren MartindaleAbb. 45: OPAN 24A
mit Si-organischer Beschichtung
+ 50.000 Touren Martindale

Im Vergleich zum unbeschichteten Fasermaterial ist das mechanisch induzierte Abrieb- und Bruchverhalten des beschichteten Materials deutlich weniger stark ausgeprägt als das des unbeschichteten Gewebes. Abb. 46 und 47 zeigen das typische Aussehen der entsprechenden Gewebeoberflächen nach einer Belastung über 50.000 Scheuertouren. Charakteristisch waren beim unbeschichteten Gewebe eine Vielzahl von Faserbrüchen sowie überwiegend fibrillierte Faserenden. Im Gegensatz dazu zeigten die beschichteten Gewebe nach Scheuern deutlich weniger Faserbrüche, wobei die Faserenden gleichmäßig rund strukturiert waren.

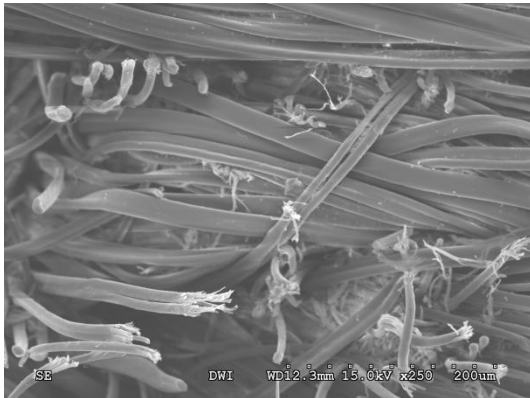


Abb. 46: unbeschichtet nach 50.000 T.

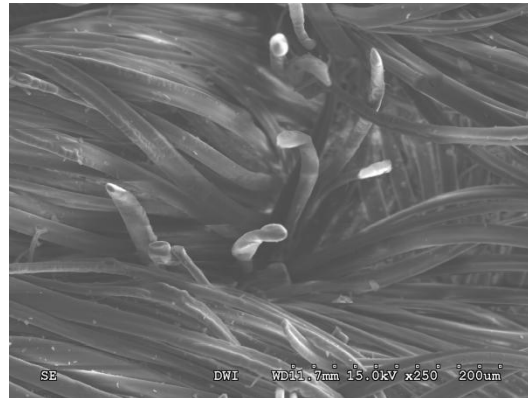


Abb. 47: beschichtet nach 50.000 Touren

Dies ist ein eindeutiges Indiz für die Schutzfunktion des aufgetragenen Plasmapolymers gegenüber einer Reibbeanspruchung und erklärt damit auch die festgestellte Effektbeständigkeit bei der Scheuerprüfung.

1.5 Bewertung von Ober- und Untergewebe mit Si-org. Beschichtungen nach vorheriger Aerosol-Bedampfung

Das IFAM rüstete im Rahmen des Projektes zusätzlich jeweils zwei Ober- und Untergewebe mit unterschiedlichen Si-organischen Beschichtungen (1b, 2b, 3b, 4b) aus, die vor der Plasmabehandlung in einem Aerosol behandelt wurden (vgl. hierzu auch IFAM-Abschlussbericht). Die Schichtstabilität dieser Proben, deren technische Daten in Tab. 27 aufgelistet sind, wurden im Vergleich zum Karmann Standard-Verbundgewebe untersucht und die Tiefenwirkung des Si-org. Plasma analysiert.

Tab. 27: Technische Daten der mit Aerosol bedampften Gewebe

DWI-Nr.	IFAM-Nr.	Bindung	Mischung	Beschichtung
54	OPAN 1 C alpha	Köper 2/1 S	100% PAN	Aerosol-Bedampfung und Si-org. Beschichtung 1b
56	OPAN 1 C alpha	Köper 2/1 S	100% PAN	Aerosol-Bedampfung und Si-org. Beschichtung 3b
53	UPES 7H gamma	Mehrgratköper 2/1 1/2 S	100% PES	Aerosol-Bedampfung und Si-org. Beschichtung 2b
55	UPES 7H gamma	Mehrgratköper 2/1 1/2 S	100% PES	Aerosol-Bedampfung und Si-org. Beschichtung 4b
35	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen		Fluorbeschichtung

1.5.1. Schichtstabilität von Ober- und Untergeweben mit Si-org. Beschichtung nach vorheriger Aerosol-Bedampfung

Die Ober- und Untergewebe, die ohne Beschichtung gar keine Wasser- und Alkoholabweisung besaßen, wurden durch die Si-org.-Beschichtung nach vorheriger Aerosol-Bedampfung gering wasserabweisend (Noten zwischen 0,5 und 1,5). In Abb. 48 ist zu sehen, dass die Beschichtungen auf den Untergeweben sehr stabil waren, während die Beschichtungen auf den Obergeweben nach 5.000 Scheuertouren auf dem Martindale zerstört waren, d.h. die Wasser-Alkoholabweisung sank auf die Note 0.

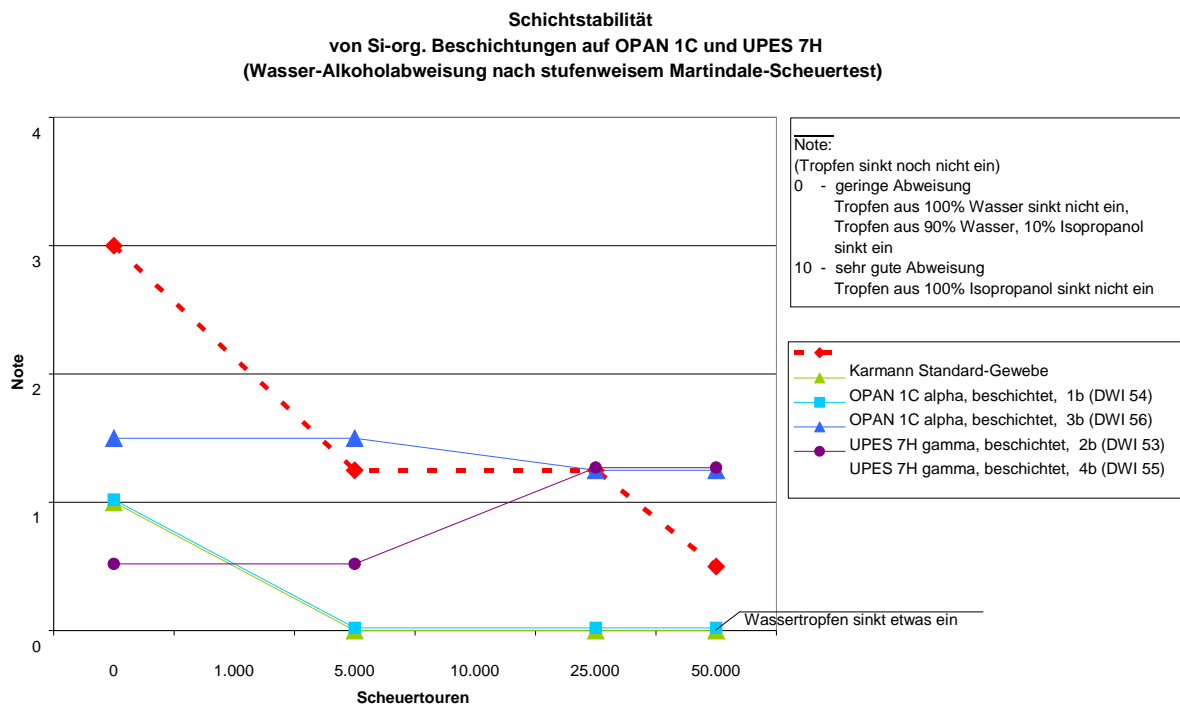


Abb. 48: Schichtstabilität von Ober- und Untergeweben mit Si-org.-Beschichtungen nach vorheriger Aerosol-Bedampfung

Das Gewebe OPAN 1C alpha erreichte mit einer Si-org. Beschichtung ohne vorheriger Aerosol-Bedampfung (s. Kapitel 1.4.1.) nach 5.000 Scheuertouren die Note 1. Insofern führte die zusätzliche Aerosol-Behandlung zu keiner Verbesserung des Ausrüstungsergebnisses, so dass auf weiterführende Arbeiten im Rahmen des Projektes verzichtet wurde.

1.5.2 Tiefenwirkung von Si-org. Plasma bei der Ausrüstung von dichtem Gewebe (4-lagig)

Um den Einfluss der Ausrüstung auf die Wirkungstiefe in Abhängigkeit von der Materialaufmachung (Dichte des Textils) zu erfassen, wurden übereinander gestapelte textile Flächengebilde

einer entsprechenden Plasmabehandlung unterzogen und anschließend lagenweise mittels XPS analysiert. Für die Untersuchung des Einflusses der Materialdichte wurden ein dichtes Gewebe und ein Vliesstoff mit offenerer Struktur verwendet.

Bei dichtem Gewebe fällt die Eindringtiefe des Si-org. Plasmas schnell signifikant ab und schon in der 4. Lage ist das Signal des Siliciums kaum mehr detektierbar (vgl. Abb. 49 und Tab. 28).

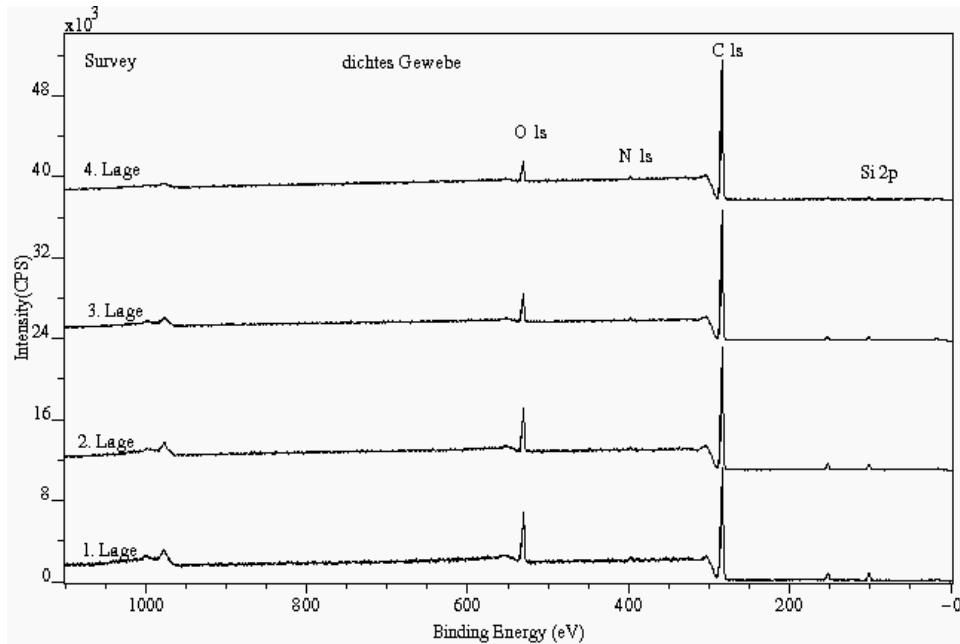


Abb. 49: Overlay Übersichtsspektren mehrlageriger dichter Si-org. ausgerüsteter Gewebe

Tab. 28: Tiefenwirkung des Si-org. Plasmas bei dichtem Gewebe

Lage	Si	C	O	N
1	4,8	81,5	12,1	1,6
2	3,4	85,0	10,4	1,2
3	1,9	90,6	6,5	1,0
4	1,2	93,3	4,6	0,9

Da mit zunehmender Anzahl an Vlieslagen im Stapelmodell dessen spezifische Oberfläche bei abnehmender Porosität zunimmt, ist aufgrund des Zusammenhangs zwischen Permeabilität, spezifischer Oberfläche und Porosität in Gl. 1

$$k = \frac{\varepsilon^3}{K(1-\varepsilon)^2 S^2} \quad (1)$$

mit

- k = Permeabilität
- ε = Porosität
- K = von unterschiedlichen Grenzflächenwirkungen abhängige Konstante
- S = spezifische Oberfläche

davon auszugehen, dass die Wirkungstiefe der Plasmabehandlung mit der Permeabilität des Flächengebildes abnimmt.

Insofern ist anzunehmen, dass neben der mittleren freien Weglänge der Plasmateilchen, die ebenfalls das Ausmaß der Modifizierungstiefe limitiert, die mit steigender Lagenzahl festgestellte reduzierte Modifizierungstiefe auch auf die verminderte Permeabilität des Flächengebildes für die Plasmateilchen zurückzuführen ist.

1.5.3 Tiefenwirkung von Si-org. ausgerüstetem Vliesgewebe (20-lagig)

Gestützt wird diese Annahme durch die entsprechenden Untersuchungen an einem weniger dichten Vliesmaterial, in die das Si-org. Plasma sehr tief eindringt, so dass selbst bei Lage 20 ein deutliches Si-Signal nachzuweisen ist (vgl. Abb. 50 und Tab. 29).

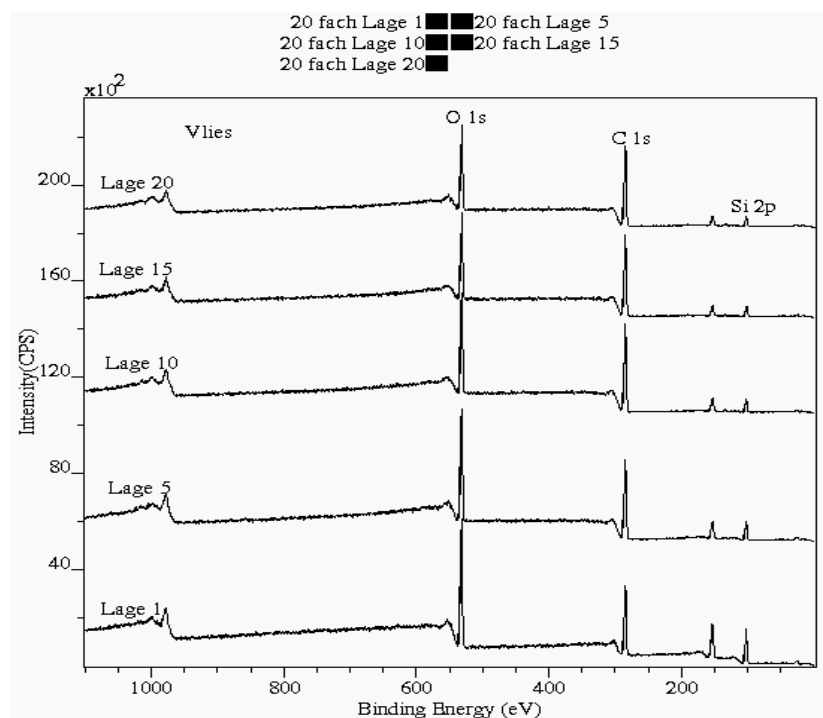


Abb. 50: Overlay Übersichtsspektren mehrlagiger Si-org. ausgerüsteter Vlies-Gewebe

Tab. 29: Tiefenwirkung des Si-org. Plasmas bei Vlies-Gewebe

Lage	Si	C	O	Andere
1	21,2	48,4	30,4	
5	12,2	58,8	28,1	P 0,7
10	8,8	64,9	25,4	P 0,9
15	7,6	67,0	24,5	P 0,9
20	7,1	66,4	24,0	P 0,9; N1,6

1.6. Bewertung von SWU Verbundgeweben mit konventionellen Si-org. Beschichtungen

Die Firma Visiotex ließ aus den SWU-Ober und –Untergeweben Verbünde herstellen und beschichtete diese mit konventionellen Si-org. Materialien (s. Tab. 30; vgl. hierzu auch Visiotex-Abschlussbericht). Am DWI wurden daran anschließend die Wasser-/Alkohol- und die Ölabweisung vor und nach einer Scheuerbeanspruchung geprüft und die Beschichtung oberflächenanalytisch charakterisiert.

Tab. 30: Technische Daten der SWU-Verbundgewebe mit Beschichtungen (Visiotex)

DWI-Nr.	Gewebe	Bemerkung	Beschichtung
83	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02101-01 schwarz gefärbt / beschichtet	Beschichtungsversuch C, V41
84	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02102-01 schwarz gefärbt / beschichtet)	Beschichtungsversuch C, V42
85	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02103-01 schwarz gefärbt / beschichtet	Beschichtungsversuch C, V43
86	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02104-01 schwarz gefärbt / beschichtet	Beschichtungsversuch C, V44
87	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02105-01 schwarz gefärbt / beschichtet	Beschichtungsversuch C, V45
88	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02106-01 schwarz gefärbt / beschichtet	Beschichtungsversuch C, V46
89	Visiotex-Verbund-Gewebe, PES	069-02120-01 schwarz gefärbt / beschichtet	Beschichtungsversuch C, V60
90	Visiotex-Obergewebe	schwarz	Beschichtungsversuch "Serie D" nicht im Plasma behandelt
35	Karmann Standard Ver- bundgewebe	schwarz	Fluorcarbonbeschichtung

1.6.1 Schichtstabilität von SWU Verbundgeweben mit konventionellen Si-org. Beschichtungen

Alle SWU-Verbundgewebe zeichneten sich vor der Scheuerbeanspruchung auf dem Obergewebe durch eine lediglich geringe Wasser- und Alkoholabweisung (Note 1 oder weniger) aus. Dadurch lagen die Abweisungseigenschaften bereits nach einer Behandlung bei 10.000 Scheuertouren mit Noten zwischen 0,5 und 0 lediglich auf einem sehr geringen Niveau, so dass sowohl vor als auch nach der Beanspruchung nicht das Niveau der Standardausrüstung erreicht wurde (Abb. 51). Im Vergleich zu den plasmatechnisch aufgetragenen Si-org. Schichten kann

konstatiert werden, dass selbst die weniger mechanisch stabilen Unter- und Obergewebe, die mit einer plasmatechnisch aufgetragenen Si-org Beschichtung ausgerüstet wurden, bessere Schichtstabilitäten zeigen als das konventionell ausgerüstete Verbundgewebe.

**Schichtstabilität
von SWU-Verbund-Geweben mit Beschichtung
(Wasser-Alkoholabweisung nach stufenweisem Martindale-Scheuertest)**

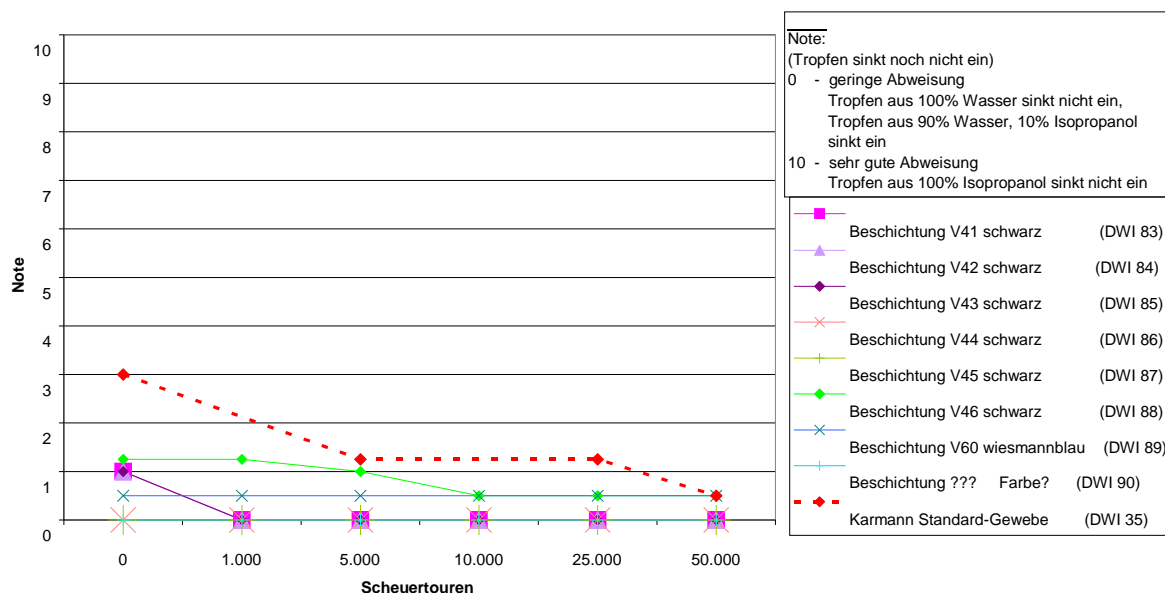


Abb. 51: Schichtstabilität von SWU-Verbundgeweben mit Si-org. Beschichtung nach unterschiedlichen Scheuertouren mittels Wasser-/Alkoholabweisung bestimmt

1.6.2 Ölabweisungstest an Verbundgeweben mit konventionellen Si-org. Beschichtung

An den Wasser- und Alkoholabweisung-getesteten Proben wurden zusätzlich die Ölabweisung des Verbundgewebes getestet, da ja neben der Wasser- und Schmutzabweisung auch die Kraftstoffabweisung bei einem Cabrioüberdeck sehr wichtig ist. Dabei wurden alle untersuchten SWU-Verbundgewebe vor und nach 50.000 Scheuertouren als nicht ölabweisend eingestuft (Abb. 52). Alle Öle sanken innerhalb von 30 sec. in die Gewebe ein. Deshalb bekamen alle die Note 0. Hieraus kann gefolgert werden, dass die konventionelle Si-org. Beschichtung in keinem Fall für die Ausrüstung von Cabrioüberdecken eingesetzt werden kann. Das Karmann Standard Verbundgewebe erreichte im Vergleich dazu die hohe Note 6.

Ölabweisung von Visiotex-Proben (nach Martindale-Scheuertest)

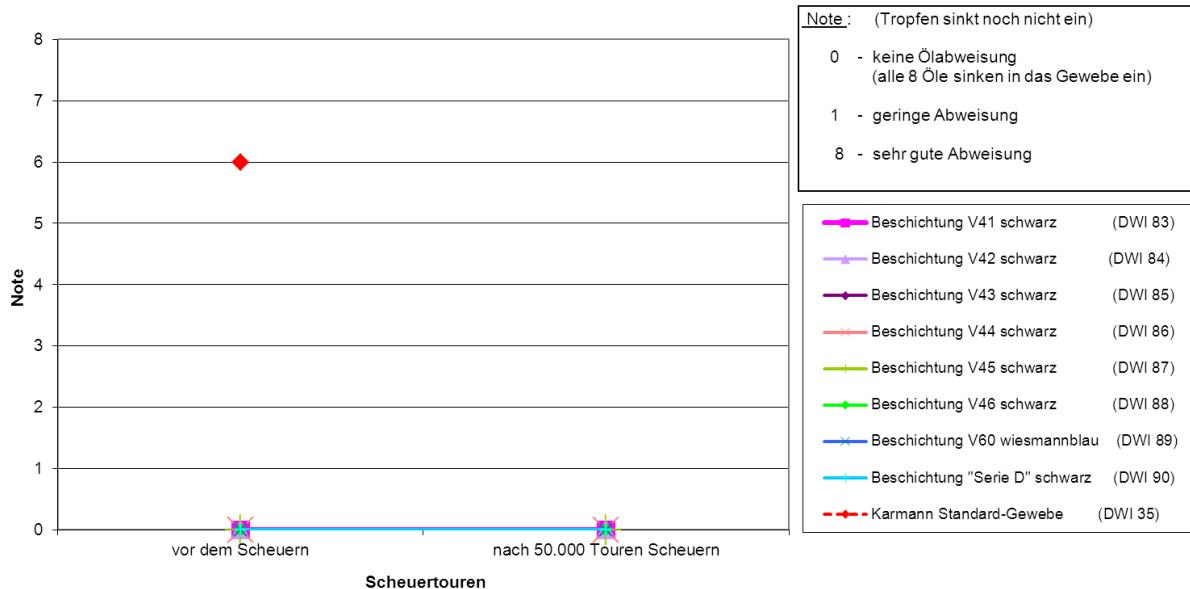


Abb. 52: Ölabweisung von SWU-Verbundgewebe mit Beschichtung

1.6.3. Oberflächenanalytische Charakterisierung von konventionell Si-org.-beschichteten SWU Verbundgeweben

Der Si-Gehalt der unterschiedlichen Si-org. Beschichtungen variiert je nach Modifizierung (vgl. hierzu auch den Visiotex-Abschlußbericht) zwischen 10,1 und 16,9 Atom% (Tab. 31). Ein Vergleich jedoch mit den Prüfergebnissen der Wasser-/Alkoholabweisung zeigt, dass unabhängig vom Si-Gehalt alle Noten ohne und mit mechanischer Beanspruchung unterhalb der Referenzwerte (Karmann-Gewebe: FC-ausgerüstet) liegen. Insofern beeinflussen die hier nachgewiesenen unterschiedlichen Si-Gehalte die Höhe des Effektniveaus nicht.

Tab. 31: Oberflächenzusammensetzung Si-org. ausgerüsteter Gewebe (Verbundgewebe) vor mechanischer Beanspruchung

Proben-Nr.	Si	C	O	N	F
83	13,1	64,4	20,3	2,1	
84	15,5	62,9	20,2	1,4	
85	15,1	62,2	21,0	1,7	
86	16,9	60,7	20,9	1,5	
87	11,4	63,5	18,5	6,6	
88	12,2	65,2	22,0	0,6	
89	13,8	63,7	20,9	1,6	
90	10,1	61,5	16,5	11,1	0,8

1.7. Bewertung der Karmann-Standard-Verbundgewebe mit FC-Schichten

Die Firma Diener rüstete Karmann-Standard-Verbundgewebe in unterschiedlichen Ausrüstungsprozessen (V1, V2 air brush, V3 getaucht, V4, V 09-02) mit FC-Schichten aus (s. Tab. 32; vgl. hierzu auch Diener-Abschlussbericht). Am DWI wurden die Stabilitäten dieser FC-Schichten untersucht und die Schichten oberflächenanalytisch charakterisiert.

Tab. 32: Technische Daten der 6 Karmann-Standard-Verbundgewebe mit FC-Schichten

DWI-Nr.	Gewebe	Bindung	Beschichtung
68	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen	Diener-Beschichtung V1 FC-Schichten
69	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen	Diener-Beschichtung V2 air brush FC-Schichten
70	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen	Diener-Beschichtung V3 getaucht FC-Schichten
71	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen	Diener-Beschichtung V4 FC-Schichten
72	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen	Diener-Beschichtung V09-2 FC-Schichten
35	Karmann Standard Verbund	Kreuzstäbchen	Fluorbeschichtung

1.7.1. Schichtstabilität der Karmann-Standard-Verbundgewebe mit FC-Schichten

Mit diesen im FC-Plasma abgeschiedenen Schichten war es erstmals gelungen, ein Abweisungsniveau zu erreichen, das deutlich oberhalb der für das Standardmaterial ermittelten Werte lag (s. Abb. 53). Die besten Wasser-Alkoholabweisungsnote erreichten die Schichten V3 getaucht (Note 8) und V4 (Note 9).

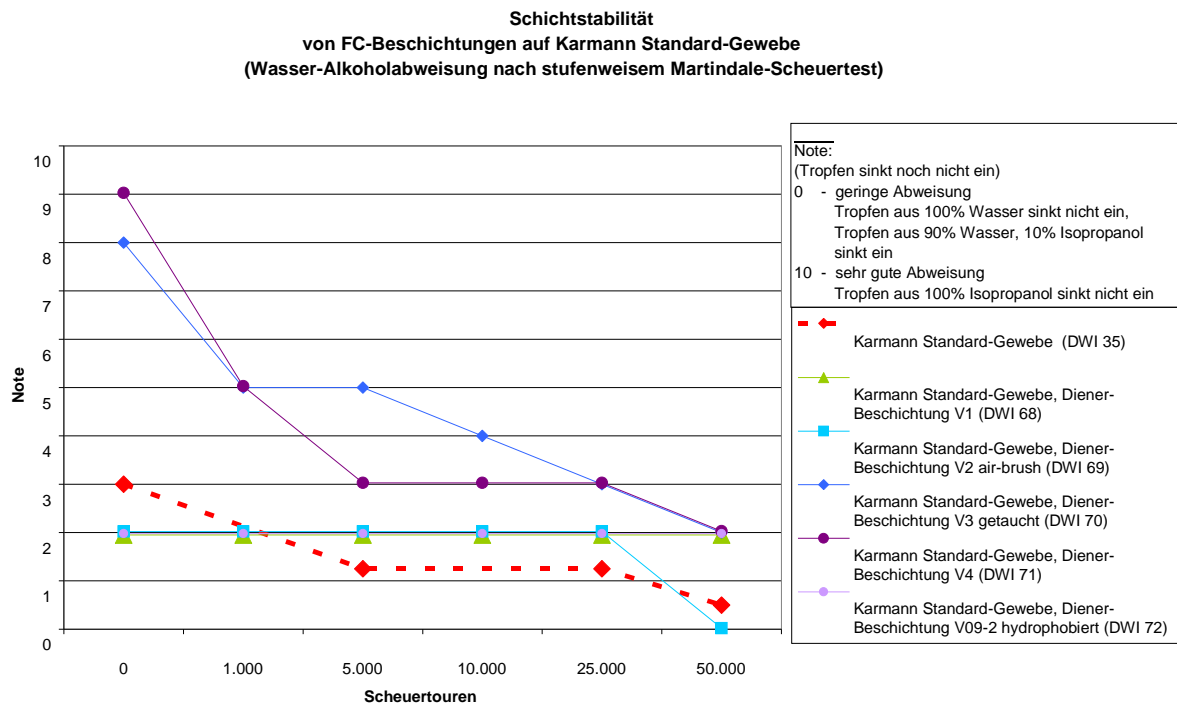


Abb. 53: Schichtstabilität von Karmann-Standard-Verbundgewebe mit unterschiedlichen FC-Beschichtungen von Diener

Mit zunehmender Scheuerbeanspruchung näherten sich die Wasser-Alkoholabweisungen der FC-Plasma-behandelten Materialien der Referenz an, jedoch selbst nach einer Scheuerbeanspruchung von 50.000 Touren lagen sie mit der Ausnahme der Schicht V2 air-brush bei der Note 2 und damit deutlich über dem Niveau der Referenz.

1.7.2. Oberflächenanalytische Charakterisierung von FC-ausgerüsteten Geweben vor und nach mechanischer Beanspruchung

Neben der Beurteilung der Abweisungseigenschaften nach mechanischer Beanspruchung (Martindale Scheuertests bis zu 50.000 Touren) wurden die im FC-Plasma ausgerüsteten Gewebe auch mittels XPS analysiert, um die Veränderungen in der Oberflächenzusammensetzung zu detektieren und so eine Korrelation zwischen Abweisungseigenschaften und Zusammensetzung zu erhalten. Abb. 54 zeigt ein Overlay von Übersichtsspektren eines mittels Airbrush im FC-ausgerüsteten Gewebes vor (vmB) und nach (nmB) mechanischer Beanspruchung (Probe 69). Es werden zwar über 28 Atom% Fluor (vgl. Tab. 33) vor der mechanischen Beanspruchung auf der Oberfläche detektiert, jedoch reichen diese Fluorgehalte nur für eine Wasserabweisungsnote von 2, die nach mechanischer Beanspruchung auf 0 zurückgeht. Der Fluorgehalt fällt dabei auf 8,1 Atom%. Ob die Fluorgehaltsabnahme nur durch abrasiven Abtrag erfolgt oder auch durch Drehung der Fasern, so dass nicht beschichtete Faserbereiche analysiert werden, kann hier nicht eindeutig festgestellt werden. Das hochaufgelöste C1s-Spektrum (Abb. 55 und Tab. 34) zeigt, dass spezifisch die CF₂- und CF₃-Gruppen an der Oberfläche der Gewebe verarmen, so dass eine hydrophilere Oberfläche nach den 50000 Touren erhalten wird

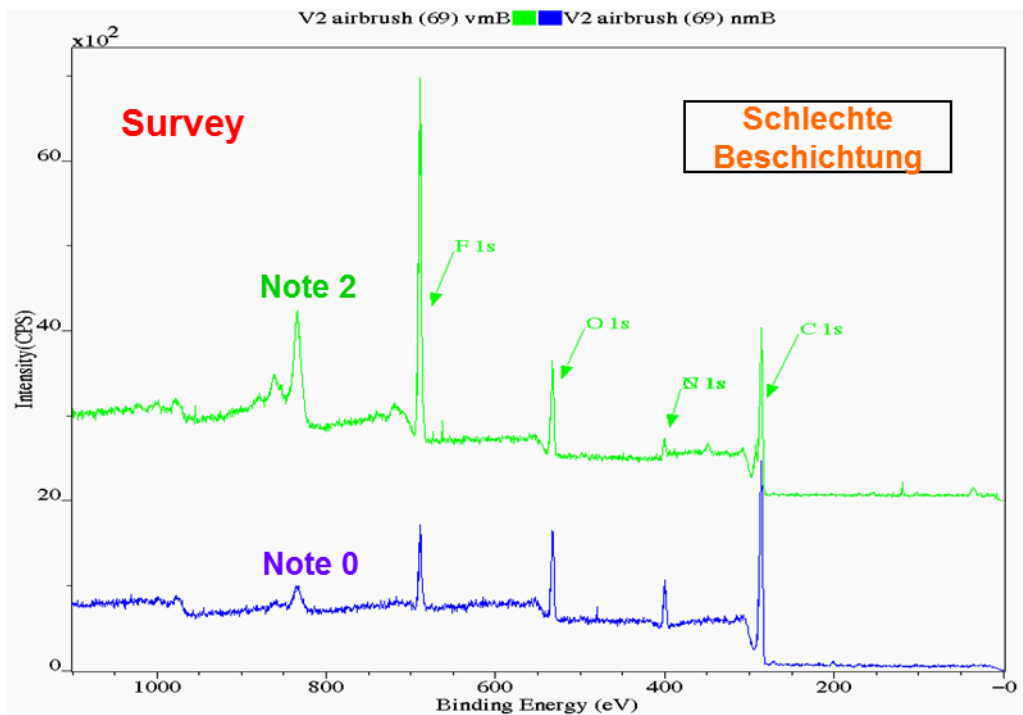


Abb. 54: Overlay Übersichtsspektren eines mittels Airbrush FC-ausgerüsteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung (grün vor und blau nach mechanischer Beanspruchung; beigelegt die Note der Wasserabweisung)

Tab. 33: Elementzusammensetzung der mittels Airbrush FC-ausgerüsteten Gewebe vor und nach mechanischer Beanspruchung

Elemente	69 vmB_V2	69 nmB_V2
	Atom%	Atom%
F	28,5	8,1
O	9,4	9,9
N	3,1	8,1
C	59	73,3
Cl		0,5

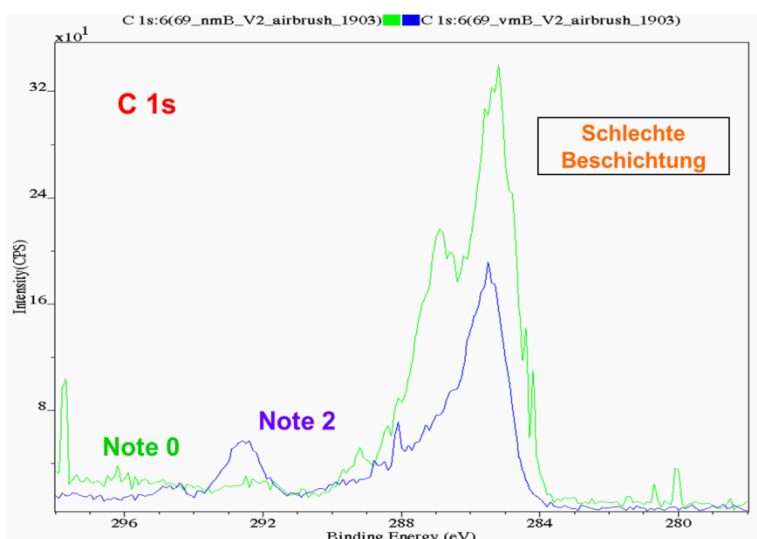


Abb. 55: Overlay C 1s-Spektren eines mittels Airbrush FC-ausgerüsteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung (blau vor und grün nach mechanischer Beanspruchung; beigelegt die Note der Wasserabweisung)

Tab. 34: Anteile der Kohlenstoff-Spezies mittels Airbrush FC-ausgerüsteten Gewebe vor und nach mechanischer Beanspruchung

C_Spezies	69 vmB_V2	69 nmB_V2
	Atom%	
C-C	29,8	39,3
C-O	9,4	22,8
C=O	6,9	6,5
COOR	3,1	3,7
CF ₂	7,8	1,0
CF ₃	2,0	0,0

Anders liegt der Fall bei der Probe 70 (Abb. 56 und Tab. 35), wo das Gewebe zunächst in das fluorhaltige Präpolymer getaucht und anschließend im Plasma vernetzt wird. Hier sind die Fluorgehalte mit über 50 Atom% vor mechanischer Beanspruchung signifikant höher und auch nach mechanischer Beanspruchung ist der Fluorgehalt noch oberhalb von 30 Atom%. Dies zeigt sich auch in den Wasser-/Alkoholabweisungen mit den Noten 8 und 2.

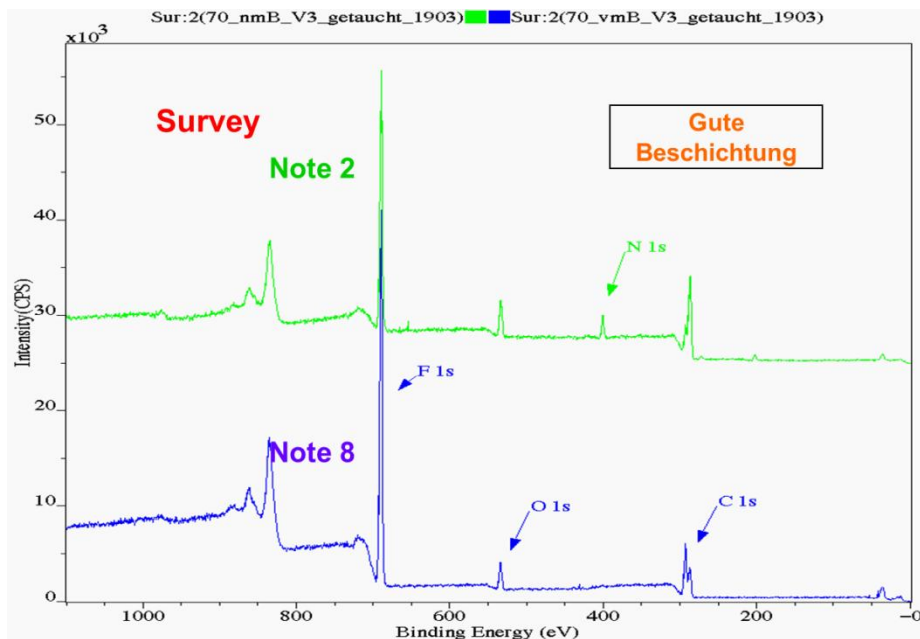


Abb. 56: Overlay Übersichtsspektren eines mittels Eintauchen im Monomer FC-ausgerüsteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung (blau vor und grün nach mechanischer Beanspruchung; beigelegt die Note der Wasserabweisung)

Tab. 35: Elementzusammensetzung der mittels Eintauchen im Monomer FC-ausgerüsteten Gewebe vor und nach mechanischer Beanspruchung

Elemente	70 vmB_V3	70 nmB_V3
	Atom%	Atom%
F	52	31,9
O	4,6	6,7
N		5,5
C	43,4	54,9
Cl		0,9

Im hochaufgelösten Spektrum des Kohlenstoffs sind nun deutlich die funktionellen C-Gruppen CF_2 und CF_3 nachzuweisen. Die hohen Anteile dieser fluorhaltigen Gruppen (Abb. 57 und Tab. 36) deuten daraufhin, dass sie für den erreichten Hydrophob-Effekt der Gewebe eine wesentliche Rolle spielen.

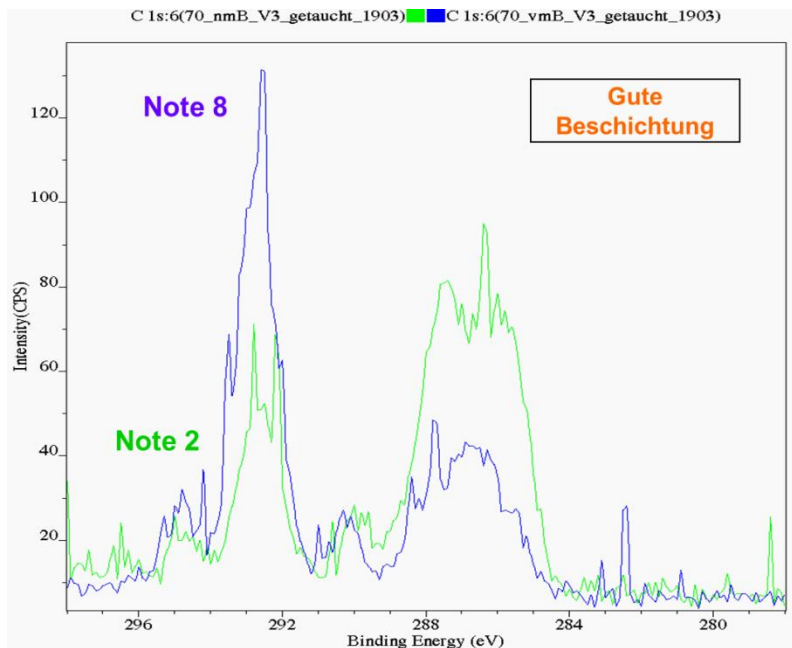


Abb. 57: Overlay C 1s-Spektren eines mittels Eintauchen im Monomer FC-ausgerüsteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung (blau vor und grün nach mechanischer Beanspruchung; beigelegt die Note der Wasserabweisung)

Tab. 36: Anteile der Kohlenstoff-Spezies eines mittels Eintauchen im Monomer FC-ausgerüsteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung

C_Spezies	70 vmB_V3	70 nmB_V3
	Atom%	
C-C	3,3	12,7
C-O	6,0	10,8
C=O	5,2	15,0
COOR	4,1	4,3
CF ₂	20,4	9,8
CF ₃	4,6	2,2

Tab. 37 und 38 stellen noch einmal die gesamten FC-ausgerüsteten Gewebe dieser Serie zusammen. Nur die Proben 70 und 71 besitzen nach mechanischer Beanspruchung eine Wasser-/Alkoholabweisung, die die Werte des Referenzmaterials (Karmann-Gewebe) übertrifft, da ihre Fluorgehalte und die Anteile der CF₂- und CF₃-Gruppen höher sind (vgl. hierzu auch Tab. 39 und 40).

Tab. 37: Elementzusammensetzung der FC-ausgerüsteten Gewebe vor und nach mechanischer Beanspruchung

Elemente	Proben									
	68 vmB_ V1	68 nmB_ V1	69 vmB_ V2	69 nmB_ V2	70 vmB_ V3	70 nmB_ V3	71 vmB_ V4	71 nmB_ V4	72 vmB_ V09_2	72 nmB_ V09_2
F	10,9	2,2	28,5	8,1	52	31,9	49,5	31,7	10,8	1,9
O	6,6	9,2	9,4	9,9	4,6	6,7	5	7,4	6,8	7,9
N	6,7	9,5	3,1	8,1		5,5		6,1	5	8,3
C	75	78,5	59	73,3	43,4	54,9	45,5	54,7	76,4	91
Cl	0,9	0,7		0,5		0,9			1	0,7
S										0,2

Tab. 38: Anteile der Kohlenstoff-Spezies FC-ausgerüsteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung

C-Spezies	Proben									
	68 vmB_ V1	68 nmB_ V1	69 vmB_ V2	69 nmB_ V2	70 vmB_ V3	70 nmB_ V3	71 vmB_ V4	71 nmB_ V4	72 vmB_ V09_2	72 nmB_ V09_2
C-C	68,6	28,5	50,5	53,6	7,6	23,2	9,4	13,8	72,4	58,4
C-O	11,7	36,6	15,9	31,1	13,8	19,7	15,3	24,9	16,8	36,8
C=O	8,4	24,7	11,7	8,9	11,9	27,4	11,3	34,2	7,7	4,8
COOR	4	10,2	5,3	5	9,4	7,8	9,3	6,9	3,1	
CF2	7,3		13,2	1,4	46,9	17,9	44,9	17,1		
CF3			3,4		10,5	4	9,8	3,1		

Tab. 39 und 40 zeigen die Daten des Referenzmaterials (Karmann-Verbundgewebe konventionell FC-ausgerüstet). Für die Oberflächenzusammensetzung und die C-Spezies werden die Daten vor und nach mechanischer Beanspruchung gezeigt.

Tab. 39: Elementzusammensetzung der Referenz (Karmann-Verbundgewebe; FC-ausgerüstet) Gewebe vor und nach mechanischer Beanspruchung

Elemente	vor mechan. Beanspruchung	nach mechan. Beanspruchung
F	45,0	16,6
C	39,8	67,8
O	9,0	7,7
N	3,1	6,0
Cl	1,4	1,1
Andere	Si 1,7	Ca 0,5; Na 0,3

Tab. 40: Anteile der Kohlenstoff-Spezies der Referenz (Karmann-Verbundgewebe; FC-ausgerüstet) Gewebe vor und nach mechanischer Beanspruchung

Elemente	vor mechan. Beanspruchung	nach mechan. Beanspruchung
C-C, C-H	41,4	61,3
C-O; C-CF₂	34,5	30,1
COOR, CF-CF₂	3,8	2,5
CF₂	17,0	4,3
CF₃	3,4	1,8

1.8. Bewertung von SWU-Verbänden mit FC-Schichten (Fa. Diener)

Bei weiteren Beschichtungsversuchen wurden die gewonnenen Erkenntnisse der FC-Beschichtung des Karmann-Verbundgewebes auf Verbundgewebe aus SWU-Ober- und Untergeweben übertragen und entsprechend angepasst (vgl. hierzu auch Diener-Abschlussbericht). Die unterschiedlich FC-ausgerüsteten SWU-Verbundgewebe (Tab. 41) wurden am DWI hinsichtlich der Wasser-/Alkohol- und Ölabweisung vor und nach mechanischen Scheuerbeanspruchungen getestet und die FC-Schichten wurden oberflächenanalytisch charakterisiert.

In Tab. 41 sind die unterschiedlich FC-ausgerüsteten SWU-Verbundgewebe aufgeführt.

Tab. 41: Technische Daten der SWU-Verbundgewebe mit FC-Schichten

DWI-Nr.	Gewebe	Bemerkung	Beschichtung
73	Verbund aus SWU-Geweben	PES-Gewebe, (ungleichmäßig gefärbt)	ohne
74	Verbund aus SWU-Geweben	Beschichtungsversuch A, PES-Gewebe,	FC-Beschichtung (Diener) V09-13

		(ungleichmäßig gefärbt)	
75	Verbund aus SWU-Geweben	Beschichtungsversuch A, PES-Gewebe, (ungleichmäßig gefärbt)	FC-Beschichtung (Diener) V09-14
76	Verbund aus SWU-Geweben	Beschichtungsversuch A, PES-Gewebe, (ungleichmäßig gefärbt)	FC-Beschichtung (Diener) V09-13 beidseitig
35	Karmann Standard Verbundgewebe		Fluorbeschichtung

1.8.1. Schichtstabilität der SWU-Verbünde mit FC-Schichten

Bei der anschließend durchgeführten Prüfung der flüssigkeitsabweisenden Eigenschaften zeigte sich ein ausgeprägter Anstieg des Wasser-/Alkohol-Abweisungsgrades durch die plasmagestützte FC-Ausrüstung (Abb. 58). Mit dem SWU-Gewebe wird dabei sogar im Falle der Probe V09-13 ein maximaler Abweisungsgrad erreicht, der damit um 7 Noten höher ausfällt als der der Standard-Ausrüstung. Wenngleich sich dieser Unterschied bei der Scheuerbeanspruchung etwas reduziert, sind die Abweisungseigenschaften bei dem im FC-Plasma ausgerüsteten Material nach höchster Beanspruchung deutlich stärker ausgeprägt als im Falle der Standard-Ausrüstung. Dies unterstreicht nachhaltig das qualitätssteigernde Potential der FC-Plasmabehandlung gegenüber der konventionellen (nasschemischen) Standardausrüstung.

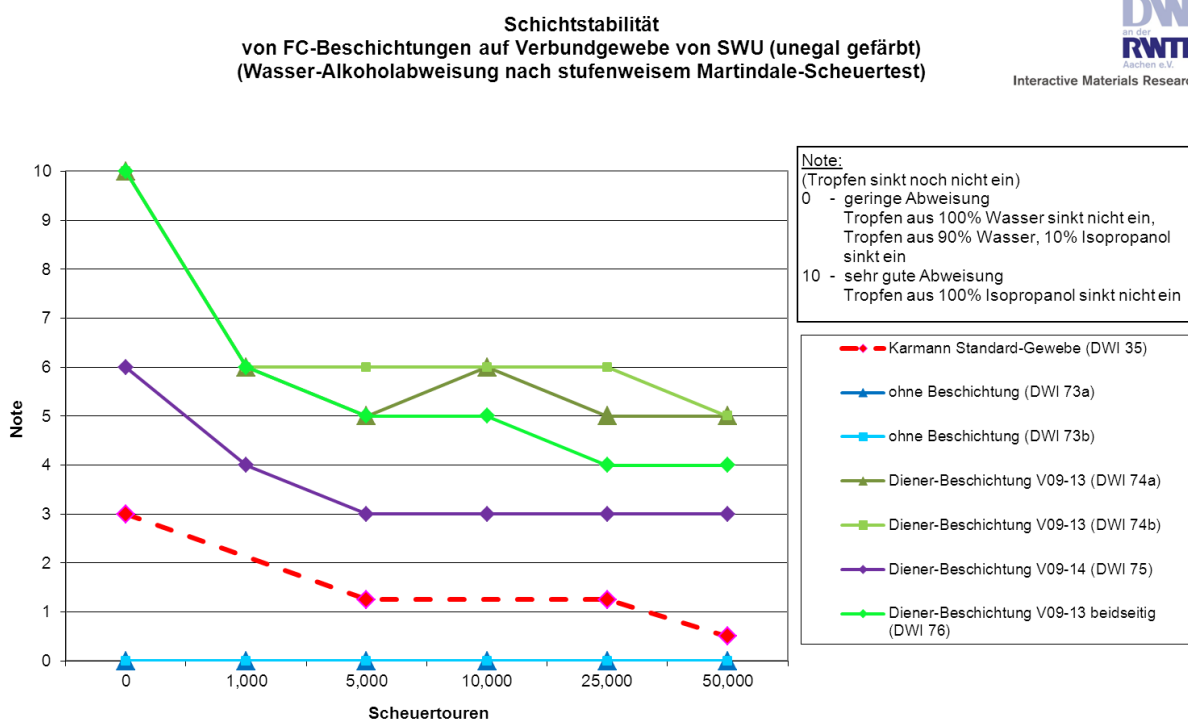


Abb. 58: Schichtstabilität der SWU-Verbünde mit FC-Schichten

1.8.2. Ölabweisung der SWU-Verbünde mit FC-Schichten

Aufgrund der FC-Ausrüstung wurden ergänzend zur Wasser-/Alkohol- auch die Ölabweisung untersucht (Abb. 59).

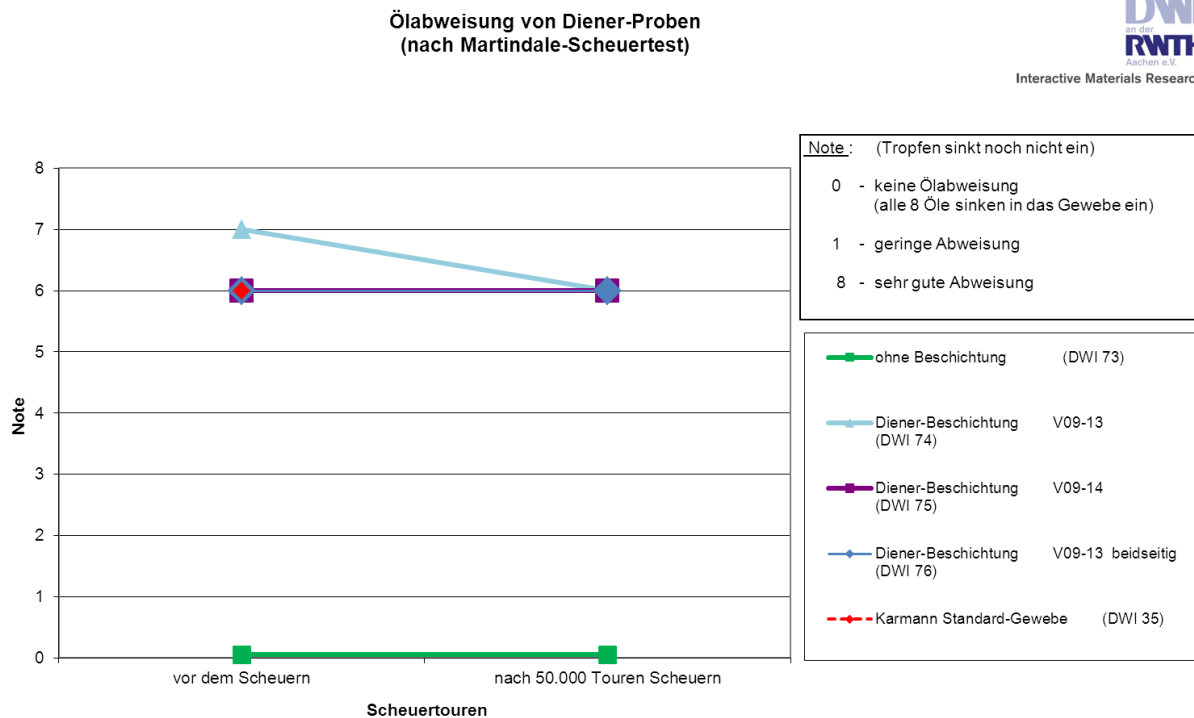


Abb. 59: Öltest der SWU-Verbünde mit FC-Schichten

Daraus geht hervor, dass die von Diener durchgeführte Beschichtung im FC-Plasma hinsichtlich der ölabweisenden Eigenschaften sowohl vor als auch nach der Scheuerbeanspruchung auf einem vergleichbaren Niveau liegt, was die Eignung dieses Verfahrens für die Ausrüstung entsprechender Materialien nachhaltig unterstreicht.

1.8.3. Oberflächenanalytische Charakterisierung unbeschichteter und beschichteter Gewebe vor und nach mechanischer Behandlung

Tab. 42 - 45 zeigen die Oberflächenszusammensetzungen in Atom% unbeschichteter und beschichteter Gewebeprouben vor und nach dem Martindale-Test. Während erwartungsgemäß das unbeschichtete Gewebe unabhängig davon, ob eine mechanische Beanspruchung vorlag oder nicht, sehr schlechte Wasser-/Alkoholabweisung-Noten aufweist, werden durch die FC-Beschichtungen sehr gute Wasser-/Alkoholabweisungen erreicht, die deutlich oberhalb der Referenz des Karmann-Gewebes liegen. Vergleicht man hiermit die Oberflächenszusammensetzung so zeigt sich, dass durch die FC-Beschichtung hohe Fluor-Gehalte um ca. 50 Atom% in der Oberfläche erreicht werden können. Aus dem hochaufgelösten C 1s-Spektrum werden ebenfalls hohe Anteile von CF₂ und CF₃-Gruppen detektiert (vgl. Abschn. 1.1.6.3). Im Gegen-

satz zu einem Teil der Proben der ersten Serie, konnten diese FC-beschichteten Proben auch nach mechanischer Beanspruchung ihren hohen Anteil an Fluor sowie der CF_2 - und CF_3 -Gruppen in der Oberfläche beibehalten, was die gute Wasser-/Alkoholabweisung weit oberhalb der des Karmann-Referenzgewebes erklärt (gute Langzeitwirkung).

Tab. 42: Oberflächenzusammensetzung (Atom%) des unbeschichteten Gewebes vor und nach mechanischer Beanspruchung

Probe DWI 73	vor mechanischer Beanspruchung	nach mechanischer Beanspruchung
F	0	1,8
O	14,2	15,7
C	68,0	63,7
N	9,8	10,8
Si	8,0	8,0

Tab. 43: Oberflächenzusammensetzung (Atom%) des FC-beschichteten Gewebes (V09-13) vor und nach mechanischer Beanspruchung

Probe 74	vor mechanischer Beanspruchung	nach mechanischer Beanspruchung
F	49,80	40,6
O	6,3	6,8
C	43,9	45,4
N	0	3,8
Si	0	1,1
Fe	0	2,3

Tab. 44: Oberflächenzusammensetzung (Atom%) des FC-beschichteten Gewebes (V09-14) vor und nach mechanischer Beanspruchung

Probe 75	vor mechanischer Beanspruchung	nach mechanischer Beanspruchung
F	50,5	39,7
O	7,7	7,4
C	41,8	46,9
N	0	3,3
Si	0	0,5
Fe	0	2,2

Tab. 45: Oberflächenzusammensetzung (Atom%) des FC-beschichteten Gewebes (V09-13, beidseitig) vor und nach mechanischer Beanspruchung

Probe 76	vor mechanischer Beanspruchung	nach mechanischer Beanspruchung
F	50,1	39,3
O	5,4	5,6
C	44,7	47,5
N	0	4,8
Si	0	1,0
Fe	0	1,8

1.9. Anschmutz- und Waschstraßentest an Ober- und Untergeweben mit Si-org. Beschichtungen

Zur Beurteilung des Anschmutzungs- und Reinigungsverhaltens des ausgerüsteten Gewebes wurden das schwarze Untergewebe UPES 7H und das weiße Obergewebe OPAN 1C am IFAM in 5 verschiedenen Chargen (A bis E) mit Si-org. Beschichtungen ausgerüstet. Anschließend wurden am DWI davon Proben der Größe 10 x 10 cm mit je 0,1g Normschmutz (Arizona Feinstaub) auf dem Martindale Scheuertester definiert angeschmutzt (s. Kapitel 1.13.7.2. Anschmutztest). Mit Hilfe des AMTEC-Waschstrassentests (s. Kapitel 1.13.7.3. AMTEC-Waschstrassentest) wurden die angeschmutzten Gewebe gewaschen. Zur Beurteilung des Anschmutzungs- und Reinigungsverhaltens sowie der Beständigkeit des Ausrüstungseffektes wurden die sauberen, angeschmutzten und gewaschenen Gewebe farbmetrisch mittels Datacolor analysiert und die Hydrophobie mittels Tropfentest charakterisiert. Die Ergebnisse sind in Tab. 46 und Abb. 60 dargestellt.

Tab. 46: Anschmutztest

Probe										
DWI Nr.	57 a	57 b	58 a	58 b	59	60	61	62	63	64
Bezeichnung IFAM	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_A		OPAN 1C alpha, Charge PA9270608_A		UPES 7H gamma, Charge PA9270608_B	OPAN 1C alpha, Charge PA9270608_B	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_C	OPAN 1C alpha, Charge PA9270608_C	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_D	OPAN 1C alpha, Charge PA9270608_D
Original beschichtete Probe vor dem Anschmutztest										
Tropfentest Note (1-10) mit halben Zwischennoten Note 0 = 100% Wasser Note 10 = 100% Alkohol 1. Note: runder Tropfen steht auf dem Gewebe ohne einzusinken (2. Note: Tropfen sinkt zum größten Teil in das Gewebe ein)	2 (2,5)	2 (2,5)	0 (1)	0 (1)	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (2,5)
Anschmutztest auf dem Martindale Scheuerprüfer mit Arizona-Staub fein, Probe unten auf Scheuertisch gegen Baumwollgewebe,										
Farbänderung gegenüber Original nach Datacolor	2,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0
Anbluten gegenüber Original nach Datacolor	3,5	2,5	2,0	2,0	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5
Waschstrassentest - Amtec										
Tropfentest Note (1-10) mit halben Zwischennoten Note 0 = 100% Wasser Note 10 = 100% Alkohol 1. Note: runder Tropfen steht auf dem Gewebe ohne einzusinken (2. Note: Tropfen sinkt zum größten Teil in das Gewebe ein)	0 (2,25)	0 (2,25)	0 sinkt schon ein	0 sinkt schon ein	0 (2,25)	0 (2,25)	0 (2,25)	0 (2,25)	0 (2,25)	0 (2,25)
Farbänderung gegenüber Original nach Datacolor	3,0	2,0	2,0	1,5	3,0	2,0	3,0	2,0	3,5	2,0
Anbluten gegenüber Original nach Datacolor	4,5	3,5	3,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5

Das Anschmutzverhalten wurde bei den schwarzen Untergeweben durch die Benotung der Farbänderung (Unterschied von schwarzem Original zu angeschmutztem Gewebe) und bei den weißen Obergeweben durch die Benotung des Anblutens (Unterschied von weißem Original zu angeschmutztes Gewebe) bewertet. Erwartungsgemäß gab es im Vergleich von den sauberen Geweben zu den angeschmutzten Geweben starke Farbveränderungen bzw. Anschmutzen (kleine Note). Nach dem Waschstrassentest zeigte der Vergleich von den sauberen zu den gewaschenen Geweben eine geringere Farbdifferenz (größere Note). Ein Teil des Schmutzes konnte also durch den Waschstrassentest entfernt werden, jedoch nicht komplett. Im Vergleich der 5 verschiedenen Chargen (A bis E) fiel Charge A mit etwas schlechterem Anschmutz- und Reinigungsverhalten sowohl bei den Untergeweben (DWI 57b in Abb. 60) als auch bei den Obergeweben (DWI 58 a und DWI 58b in Abb. 61) auf.

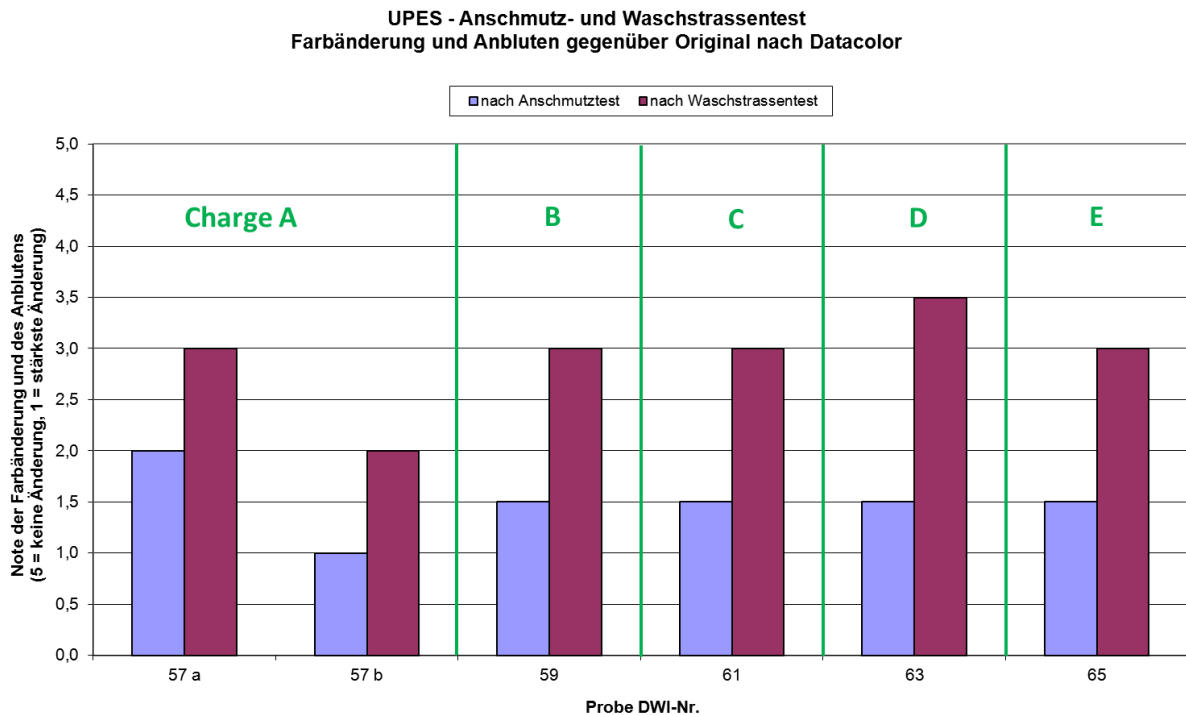


Abb.60: Farbänderung und Anbluten der Untergewebe beim Anschmutz- und Waschstrassentest

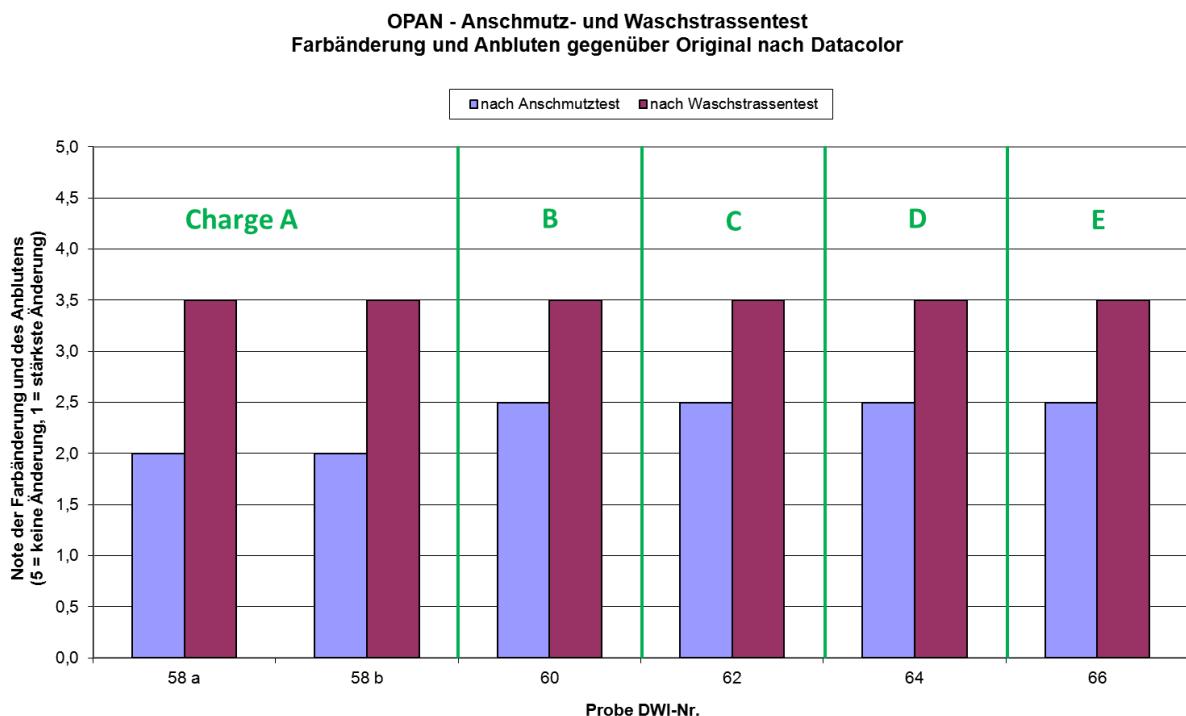


Abb.61: Farbänderung und Anbluten der Obergewebe beim Anschmutz- und Waschstrassentest

Der Hydrophobierungsgrad der Si-org. beschichteten Proben war bis auf das Obergewebe OPAN 1C alpha aus der Beschichtungscharge A (DWI 58a und b in Abb. 62) identisch. Diese Probe lag im Hydrophobierungsgrad 2 Noten unter den anderen Proben. Die Charge A war

auch beim Anschmutz- und Reinigungsverhalten mit etwas schlechteren Noten aufgefallen. Der Grad der Hydrophobierung hat also wie erwartet Einfluss auf das Anschmutz- und Reinigungsverhalten der Gewebe.

Nach dem Waschstrassentest zeigten alle Proben nur noch eine geringe Abweisung gegenüber Wasser (Note 0), Tropfen aus Wasser-/Alkohol-Gemischen sanken alle sofort in die Gewebe ein. Ein Einfluss von Tensiden, die beim Waschstrassentest eingesetzt wurden und auf der Oberfläche der Fasern adsorbiert werden könnten, kann daher nicht ausgeschlossen werden.

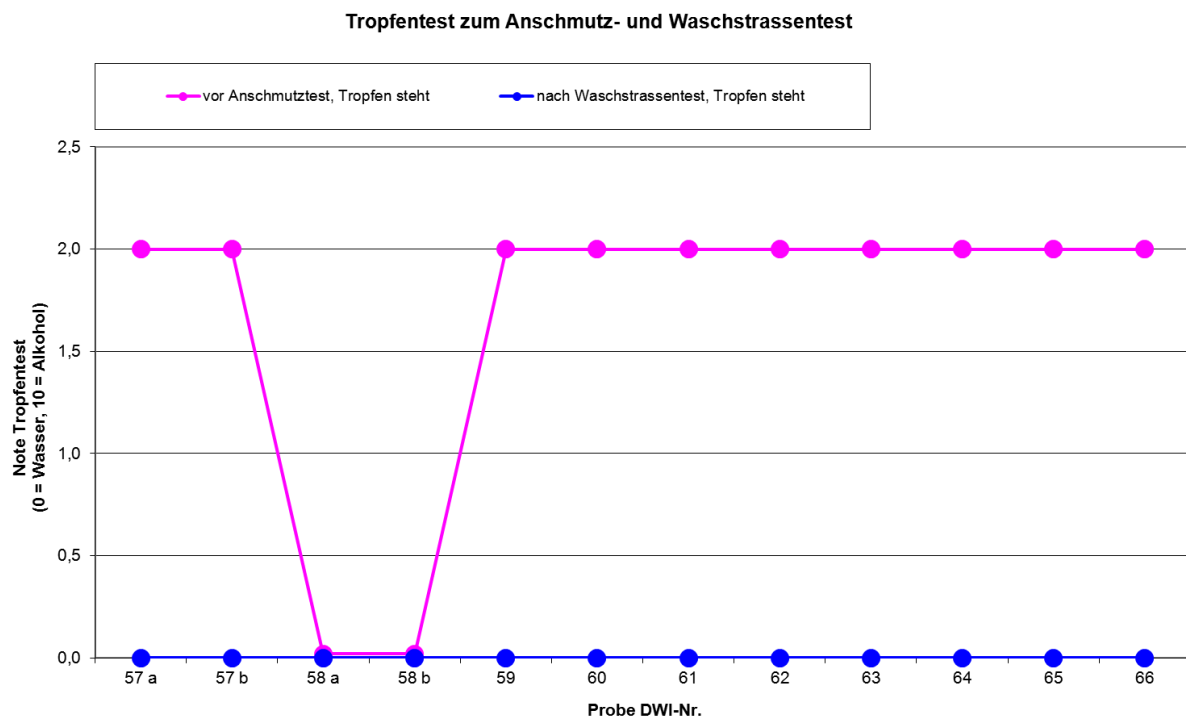


Abb.62: Tropfentest zum Anschmutz- und Waschstrassentest

1.10 Säurestabilität von FC-Beschichtungen

Im Rahmen von Versuchen außerhalb des Projektes wurden am DWI ebenfalls Untersuchungen zur Behandlung von Oberflächen im FC-Plasma durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass derartige Schichten infolge ihrer geringen Quellbarkeit und Stabilität mit zunehmender Beschichtungsdauer (= Dicke der abgeschiedenen Schicht) als ausgeprägte Diffusionssperre wirken können, wie nachfolgend am Beispiel der Säurestabilität einer entsprechend beschichteten PET-Folie erläutert wird (Abb. 63). Hierbei wird die beschichtete Folie in eine Leitfähigkeitsmesszelle eingespannt und die Veränderung der Leitfähigkeit mit der Versuchsdauer bestimmt. Die Folie taucht mit der unbeschichteten Seite in ein Reservoir mit doppelt destilliertem Wasser, das sich mit den Elektroden in Kontakt befindet (mit einem Rührer permanent gerührt). Auf die beschichtete Seite wird Schwefelsäure (3 molar) gegeben und die Leitfähigkeitsänderung (= Indiz für den Durchbruch des Säuretropfens) gemessen (Aufbau siehe Experimenteller Teil). Dies wird auch durch REM-Aufnahmen bestätigt, die kaum eine Veränderung in der Morphologie der beschichteten PET-Folien vor und nach Säureexposition zeigen (Abb. 64).

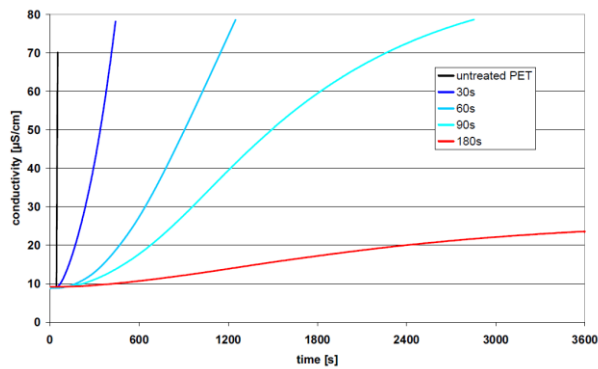
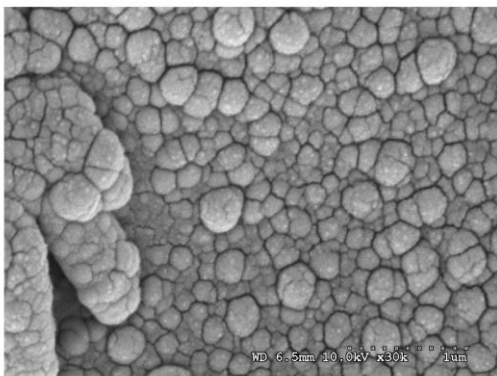
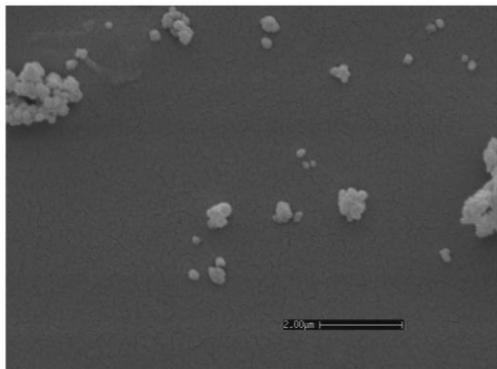


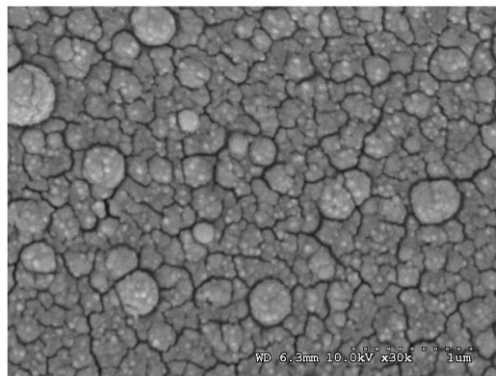
Abb. 63: Leitfähigkeitsänderungen plasmabeschichteter PET-Folie mit zunehmender Schichtdicke durch Einwirkung 3 M Schwefelsäure

Insofern ist davon auszugehen, dass die Beschichtung im FC-Plasma zusätzlich weitere Vorteile, die insbesondere die Beständigkeit des Materials im Einsatz betreffen.

behandelte PET-Folie



PET-Folie nach Ethen-/C₂F₆-Plasma-Beschichtung



PET-Folie nach Ethen-/C₂F₆-Plasma-Beschichtung und Säureexposition

Abb. 64: unbehandelte, Ethen-/ C₂F₆-Plasma-beschichtete und anschließend Schwefelsäure-exponierte PET-Folie

1.11 Untersuchungen zum Einfluss der Avivagen auf das Haftvermögen applizierter Si-org. und FC-Schichten auf Verbundgeweben

Da Faserbegleitsubstanzen (Verarbeitungshilfsmittel, z.B. Avivagen) die Zusammensetzung und Haftung der Si-organischen und Fluorcarbon-Plasmaschichten in hohem Maße beeinträchtigen können, wurden sehr zeitig an den verschiedensten Mischgeweben die Menge der extrahierbaren Avivagen bestimmt. Tab. 47 zeigt, dass abhängig von der Mischung bis zu 0,77 Gew.% des Fasermaterials extrahierbar sind. Bezogen auf die Oberfläche ist dies eine signifikante Menge, die die Haftung der Plasmaschichten vermindern kann, wie durch die mechanische Beanspruchungen bestätigt wird.

Probe-Nr. 9 wird zur oberflächenanalytischen Charakterisierung mittels XPS eingesetzt und es zeigt sich, dass nach der Extraktion die Oberflächenzusammensetzung von 79,1 Atom% auf 74,2 Atom% fällt (Tab. 48). Dies geht einher mit einer Abnahme des aliphatischen Kohlenstoffs. Von ursprünglich 61,3% nimmt der Anteil des aliphatischen Kohlenstoffs auf 49,6% ab (Abb. 65 und 66). Dies korreliert ebenfalls gut mit Infrarot-spektroskopischen Messungen der Extrakte, mit deren Hilfe sich Fettsäure-, Fettalkoholprodukte (mit einem sehr hohen Anteil an aliphatischem Kohlenstoff) und Polyglykole nachweisen lassen.

Tab. 47: Kammgarn-Mischungen, Zusammensetzungen und extrahierbaren Anteil Avivage

Nummer	Probe	Bezeichnung	Mischung	Rückstand in Gew.%
8	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3221, "beige", 028-1001-001	70% Polyamid, 30% Aramid	0,6
9	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3222, "pink", 028-1002-001	50% Polyacryl, 50% Polyamid	0,62
10	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3223, "aprikose", 028-1003-001	70% Polyester, 30% Aramid	0,31
11	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3224, "grün", 028-1004-001	70% Polyamid, 30% Aramid	0,4
12	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3225, "orange/weiss", 028-1005-001	50% Polypropylen, 50% Polyamid	0,77

Tab. 48: Oberflächenzusammensetzung in Atom% von Probe 9 vor und nach Extraktion

Behandlung	C	O	N	Andere
vor Extraktion	79,1	13,6	6,2	1,1
nach Extraktion	74,2	14,2	9,2	2,4

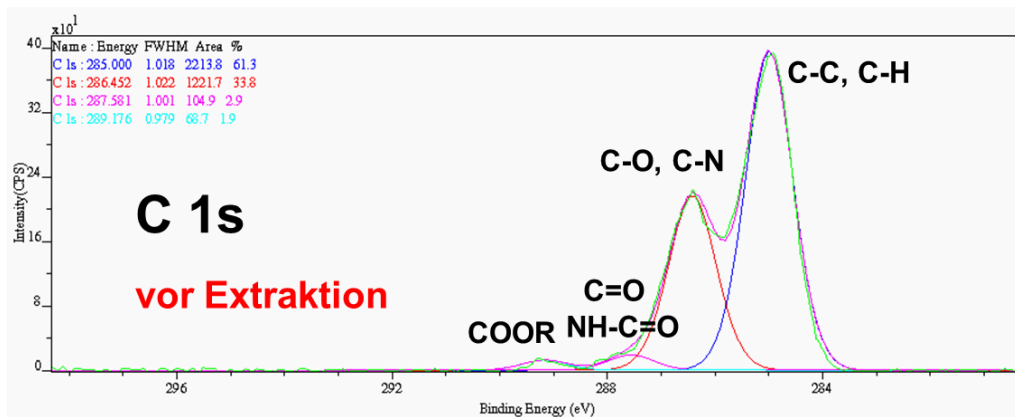


Abb. 65: C 1s-Spektrum von Probe 9 vor Extraktion

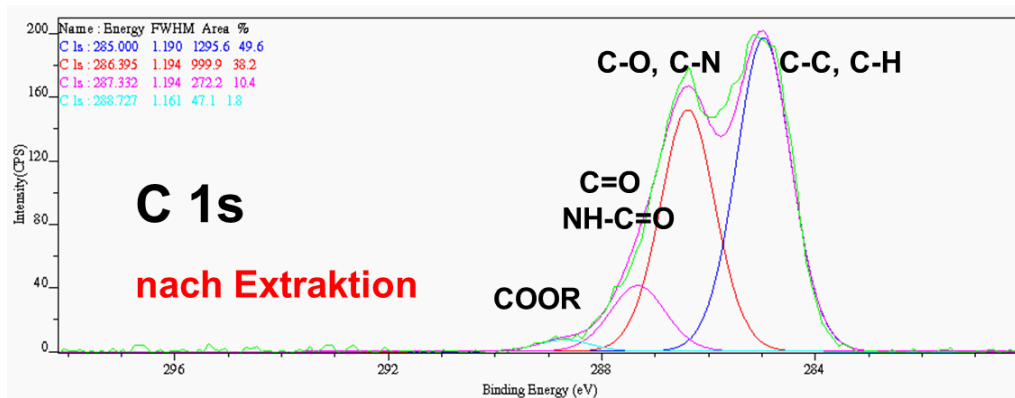


Abb. 66: C 1s-Spektrum von Probe 9 nach Extraktion

Da Faserbegleitsubstanzen in Abhängigkeit vom Gewebehersteller bzw. Ausrüster und den Herstellungsbedingungen sowohl in ihrer Zusammensetzung als auch in ihrer Konzentration starken Schwankungen unterliegen können, ist der „Reinheit“ des verwendeten Fasermaterials im Hinblick auf die Sicherstellung eines reproduzierbaren Ausrüstungsergebnisses besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Idealerweise sollte deshalb das im Plasma zu behandelnde Material zuvor einer Wäsche unterworfen werden.

1.12 Unegal gefärbte Verbundgewebe

Durch die unegal Färbungen der Gewebe trat eine Zeitverzögerung in der Bearbeitung des Projektes ein, so dass mit Hilfe der XPS Ursachenforschung für die unegal Färbungen betrieben wurde. An mehreren ungleichmäßig gefärbten Stellen (hell und dunkel) wurde mittels XPS die Oberflächenzusammensetzung bestimmt und überall große Mengen an Si in siloxan-ähnlicher chemischer Umgebung detektiert. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist diese siloxanartige Oberflächenkontamination für das unegal Färben des Verbundgewebes verantwortlich. Auch im Hinblick auf das Erreichen eines gleichmäßigen Färbeergebnisses ist deshalb der Vorreinigung des Materials besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

1.13 Experimenteller Teil

Diverse textiltechnologische Prüfungen dienten dazu, die textilen Eigenschaften der für dieses Vorhaben ausgewählten textilen Flächen zu bestimmen und die plasmatechnisch ausgerüsteten Textilien vor und nach einsetzspezifischer Exposition zu bewerten.

1.13.1 Bewertung der textilen Griffeigenschaften (Kawabata)²⁸²⁹

Das Kawabata-System diente der objektiven Beurteilung verschiedener Griffeigenschaften von textilen Flächegebilden. Als Griff eines Textils bezeichnet man das subjektive Empfinden, wenn man das Textil durch die Hand gleiten lässt bzw. es sanft zusammendrückt. Die vier hochempfindlichen Prüfeinheiten des Kawabata-Systems prüften entsprechend der manuellen Beurteilung alle mit relativ geringen Kräften Aspekte wie Steifigkeit, Sprungelastizität, Dicke oder Oberflächenbeschaffenheit einer Ware. Da das Prüfgut nicht zerstört wurde, konnten für alle Untersuchungen dieselben zwei Prüflinge von 20 x 20 cm verwendet werden.

1.13.1.1 Biegeprüfung

Der Prüfling wurde in zwei vertikal positionierte Klemmbacken, die einen Abstand von 1 cm besaßen, eingespannt. An einer feststehenden Klemme befand sich eine Drehmoment-Messzelle. Die andere Klemme verbog den Prüfling nacheinander zur rechten und zur linken Materialoberfläche und wieder zurück zur Ausgangsposition (s. Abb. 67 und Abb. 68). Dabei wurden die Biegesteifigkeit [$\mu\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{m}$] und die Biegehysterese [$\text{mN}\cdot\text{m}$] des Prüflings ermittelt. Ein Beispiel für ein Messdiagramm einer Biegeprüfung ist in Abb. 69 zu sehen. Diese Prüfung wurde am Prüfling in Längs- und Querrichtung durchgeführt.

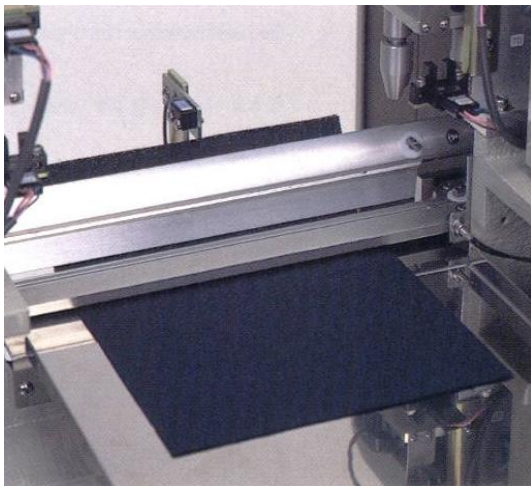


Abb. 67: Prüfvorrichtung für Biegeprüfung KES-FB2-AUTO-A*

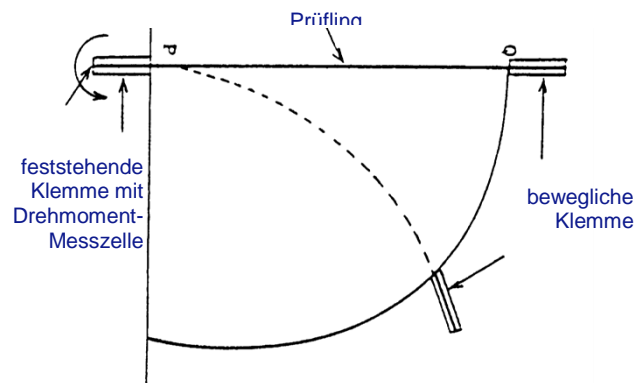


Abb. 68: Messprinzip der Biegeprüfung

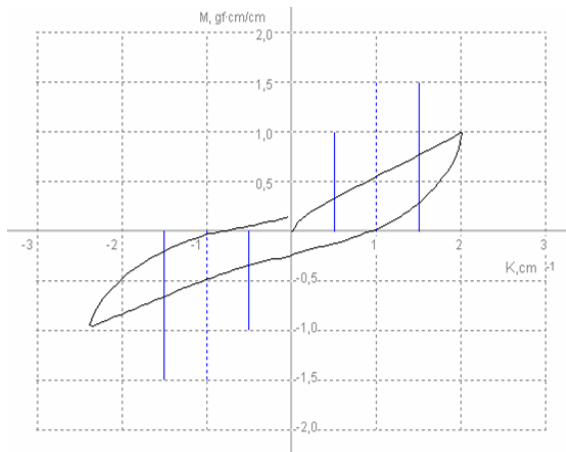


Abb 69: Messdiagramm einer Biegeprüfung

1.13.1.2 Zug- und Scherkräfte

Zur Ermittlung der Zugkräfte wurde der Prüfling nacheinander in Längs- und in Querrichtung in zwei parallele, 5 cm voneinander entfernte Klammbacken eingespannt, senkrecht zu den Klemmen bis zu einer maximalen Höchstzugkraft von 500 cN/cm mit konstanter Geschwindigkeit belastet und anschließend wieder bis zur Ausgangsposition entlastet. Die Prüfvorrichtung für die Zug- und Scherprüfung ist in Abb. 70 zu sehen. Das Messprinzip der Zugprüfung ist in Abb. 71 dargestellt. Bei der Prüfung wurde ein Kraft-/Dehnungsdiagramm wie in Abb. 72 dargestellt aufgezeichnet. Die dabei ermittelten Parameter in Längs- und Querrichtung waren die max. Dehnung [%], die Zugdehnungsenergie [J/m^2], das Zugerholungsvermögen [%] und die Zuglinearität [-].

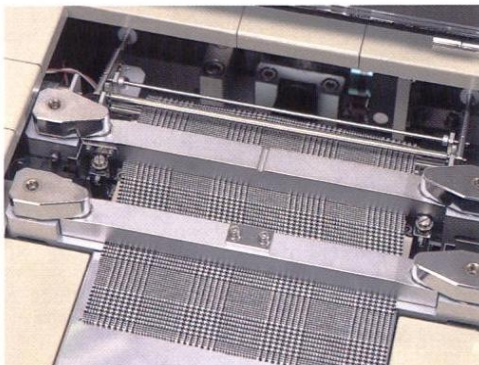


Abb. 70: Prüfvorrichtung für Zug- und Scherprüfung KES-FB1-AUTO-A*

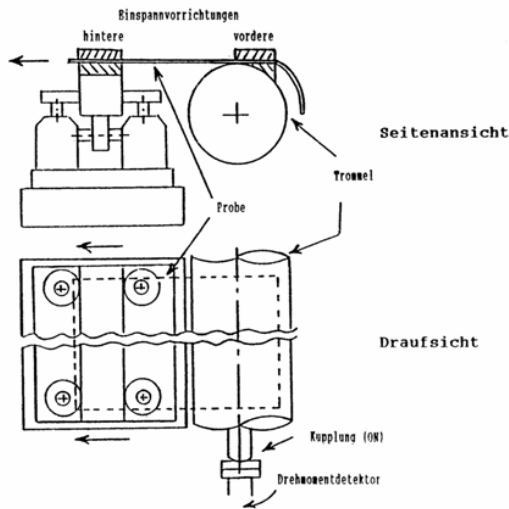


Abb. 71: Messprinzip der Zugprüfung

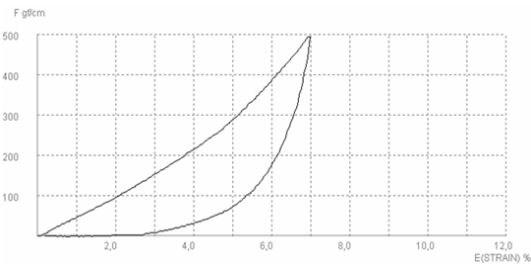


Abb 72: Messdiagramm einer Zugprüfung

Zur Ermittlung der scherelastischen Eigenschaften wurde der Prüfling wie bei der Zugprüfung eingespannt, allerdings entfernte sich hierbei die hintere Klemme nicht senkrecht, sondern sie verschob sich parallel zur vorderen, dabei beweglichen Klemme bis maximal 8° erst in einer Richtung, dann über die Ausgangsposition genauso weit in die Gegenrichtung und zurück zur Ausgangsposition. Das Material wurde dabei biaxial be- und entlastet. Das Messprinzip der Scherprüfung ist in Abb. 73 dargestellt. Dabei entstand eine Kraft-/Auslenkungskurve wie z.B. in Abb. 74 zu sehen. Die dabei ermittelten Parameter in Längs- und Querrichtung waren die Schersteifigkeit [N/m*rad] und die Scherhysterese bei 0,5° und 5° Auslenkung [N/m]

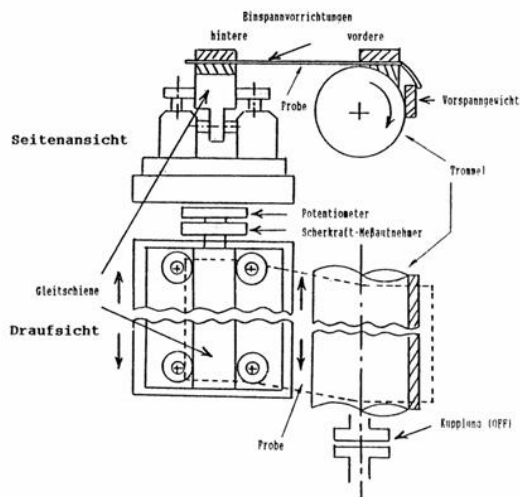


Abb. 73: Messprinzip der Scherprüfung

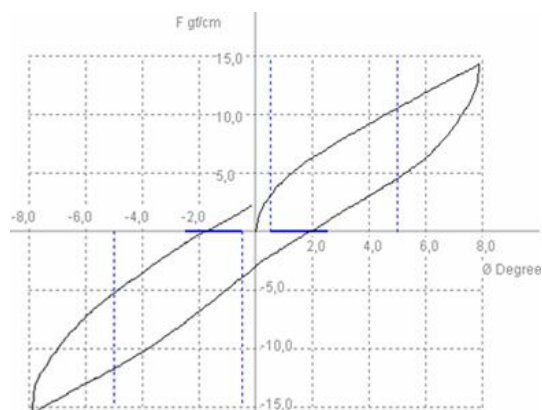


Abb 74: Messdiagramm einer Scherprüfung

1.13.1.3 Kompression

Die Probe wurde zwischen einem Messwertaufnehmer und einem Stempel (s. Abb. 75) mit einer konstanten Verformung bis zu maximal 50 cN/cm² zusammengedrückt und anschließend wieder entlastet. Abb. 76 zeigt das Messprinzip. Ein typischer Kraft-/Dickenverlauf ist in Abb. 77 wiedergegeben. Da es sich hierbei um eine Flächenprüfung handelt, wurde nicht nach Längs-

und Querrichtung unterschieden. Die ermittelten Parameter waren die Probendicke [mm] bei verschiedenen Belastungen, die Kompressibilität [%], die Kompressionsenergie [J/m^2], das Kompressions-Erholungsvermögen [%] und die Kompressionslinearität [-] als Ausdruck für die Verformbarkeit bei geringer Belastung.



Abb. 75: Prüfvorrichtung für Kompressionsprüfung KES-FB3-AUTO-A*

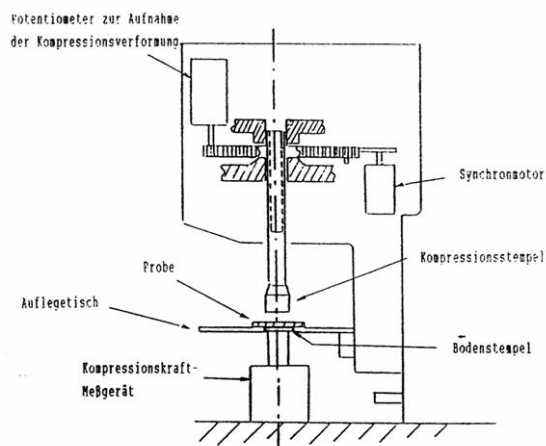


Abb. 76: Messprinzip der Kompressionsprüfung

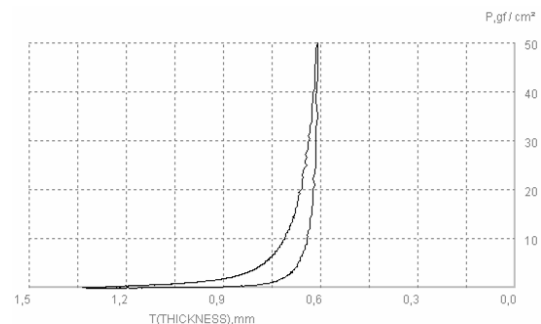


Abb 77: Messdiagramm einer Kompressionsprüfung

1.13.1.4 Oberfläche

Zur Ermittlung der Reibung wurde der Prüfling unter einem Reibkörper, der mit zehn Klavierdrähten versehen ist und die menschliche Fingerkuppe nachbilden soll, eingespannt und in Längs- und Querrichtung hin- und her bewegt. In Abb. 78 ist ein Bild der Prüfvorrichtung zu sehen. Abb. 79 zeigt das Messprinzip der Reibungsprüfung und Abb. 80 ein typisches Messdiagramm einer Reibungsprüfung. Der Mittelwert des Reibungskoeffizient [-] ergab sich aus der Reibkraft, die der Prüfling in seiner Bewegung dem Reibkörper entgegengesetzte. Die Abweichung des Reibungskoeffizienten [-] steht in engem Zusammenhang mit dem subjektiven Gefühl der Rauigkeit einer Oberfläche und drückt deren Gleichmäßigkeit aus.

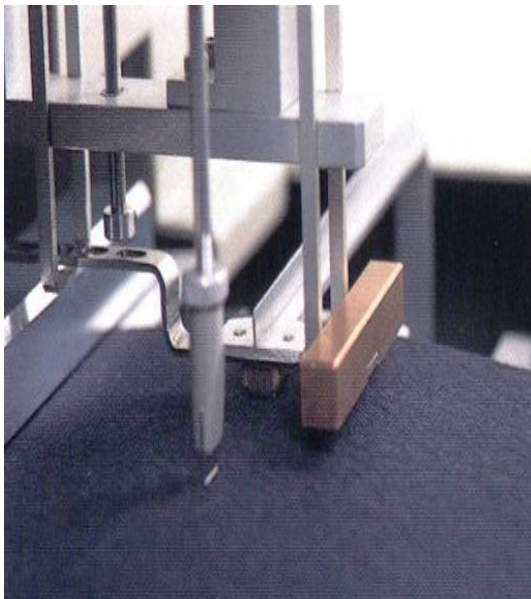


Abb. 78: Prüfvorrichtung für Oberflächenprüfung KES-FB4-AUTO-A*

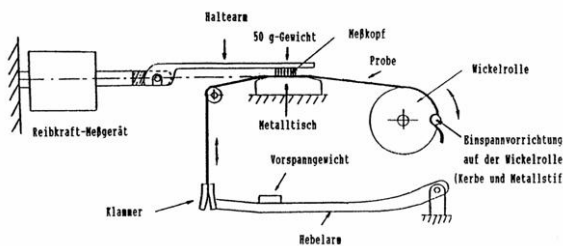


Abb. 79: Messprinzip der Reibungsprüfung

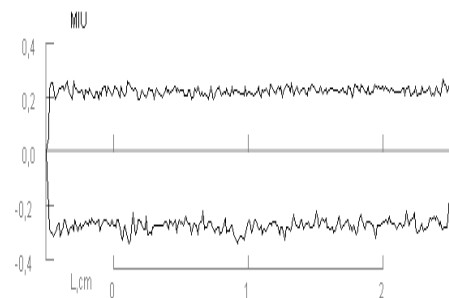


Abb 80: Messdiagramm einer Reibungsprüfung

Für das Oberflächenprofil wurde die glatt eingespannte Probe unter einem Tastkopf mit einem Klavierdraht in Längs- und Querrichtung hin- und her geschoben, siehe Messprinzip in Abb. 81. Der Klavierdraht erfasste dabei die Erhebungen und Vertiefungen der Ware, die in einer Kurve als Oberflächenprofil [μm] wie in Abb. 82 zu sehen dargestellt werden.

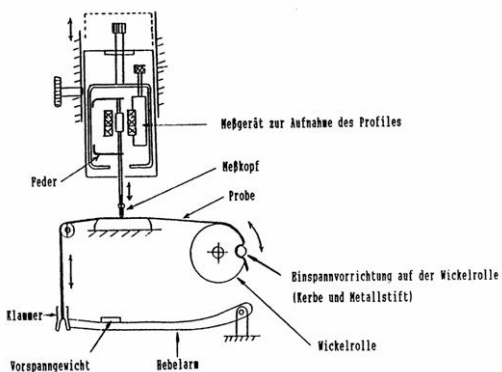


Abb. 81: Messprinzip der Profilprüfung

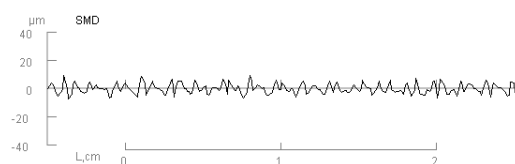


Abb 82: Messdiagramm einer Profilprüfung

1.13.2 Martindale Scheuerprüfung

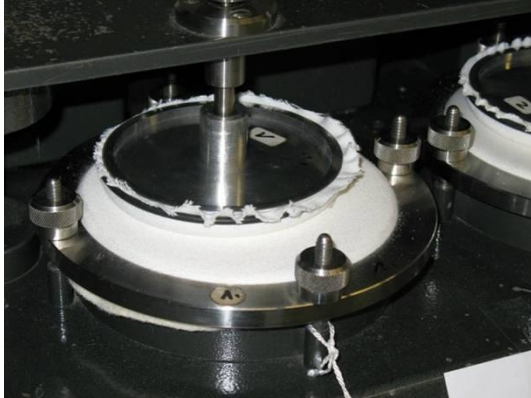


Abb. 83: Martindale Scheuertester zur Prüfung der Schichtstabilität

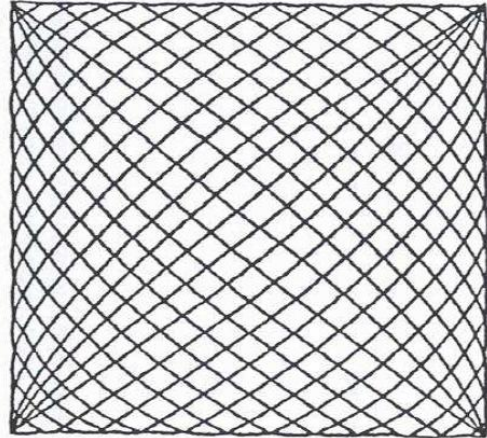


Abb. 84: Lissajous-Figur

Auf dem Martindale Scheuertester (Abb. 83) wurden die beschichteten Gewebe in Anlehnung an DIN EN ISO 12947 rechte Stoffseite gegen rechte Stoffseite mit einem Belastungsgewicht von 795g in Stufen bis 1.000, 5.000, 10.000, 25.000 und 50.000 Touren in Form einer Lissajous-Figur (s. Abb. 84) gescheuert. Nach jeder Scheuerstufe wurde auf der rechten Wareseite der oberen Probe ein Tropfentest durchgeführt, der über den Hydrophobierungsgrad der Beschichtung Auskunft gab.

1.13.3 Tropfentest (Alkohol- und Wasserabweisung)

Der Hydrophobierungsgrad der Probe wurde durch die Alkohol- und Wasserabweisung mittels Tropfentest nach 3M untersucht. Er gibt Auskunft über die Güte der Beschichtung und auch über eine mögliche Beschädigung der Beschichtung durch den Scheuerprozess.

Es wurden 11 Medien aus verschiedenen Anteilen Wasser und Alkohol hergestellt (siehe Tab.49). Beginnend mit 100% Wasser wurde mit einer Pipette ein Tropfen aus 0,05ml Lösung vorsichtig auf das Gewebe aufgesetzt und nach einer Beobachtungszeit von 10 sec. der Tropfen beurteilt. Bei der Benotung wurde die Note des Mediums gegeben, bei dem der Tropfen gerade noch nicht einsank. (Note in Klammern = Tropfen sinkt ein). Abb. 85 zeigt eine Probe mit unterschiedlich stark einsinkenden Tropfen.

Tab. 49: Tropfentest - Benotung

Note	Abweisungseigenschaften	Medium (Mischungsverhältnis in 10 Teilen)	
		Wasser	i-Propanol
0	Sehr schlecht	10	0
1		9	1
2		8	2
3		7	3
4		6	4
5	mittel	5	5
6		4	6
7		3	7
8		2	8
9		1	9
10	Sehr gut	0	10



Abb. 85: Tropfentest – verschiedene Tropfen auf einem Gewebe

Der Verlauf einer möglichen Beschädigung der Beschichtung zeigte sich durch die stufenweise Durchführung des Tropfentest vor dem Scheuern, nach 1.000 Touren, 5.000 Touren, 10.000 Touren, 25.000 Touren und 50.000 Touren.

1.13.4 Gewebeindex nach Walz und Luibrand

Der Gewebeindex in % (IG) nach Walz und Luibrand gab Auskunft über die Dichte der untersuchten Gewebe. Der Gewebeindex der Gewebe wurde berechnet als das Produkt aus dem Gewebeindex Kette (IK) und dem Gewebeindex Schuss (IS). Diese berechneten sich aus der Kett- und Schussfadendichte pro cm (FK/cm und FS/cm), dem Kett- und Schussgarndurchmesser in cm (DK und DS) und dem Bindungsfaktor Kette und dem Bindungsfaktor Schuss (BFK und BFS), die von der Anzahl der Bindungspunkte pro Fläche abhängen.

$$IG = IK \times IS / 100$$

$$IK = 100 \times BFK \times FK/cm \times (DK + DS)$$

$$IS = 100 \times BFS \times FS/cm \times (DK + DS)$$

1.13.5 Luftdurchlässigkeit

Die Luftdurchlässigkeit von unbeschichteten und beschichteten Geweben wurde nach DIN EN ISO 9237 mit Hilfe der Textiluhr nach Kretschmer (Abb. 86) gemessen. Luftdurchlässigkeit ist definiert als die Geschwindigkeit eines Luftstromes, der unter festgelegten Bedingungen für Prüffläche, Differenzdruck und Zeit senkrecht zur Oberfläche durch eine Messprobe hindurchgeht. Bei der Textiluhr nach Kretschmer waren während der Messung der Differenzdruck von 2,0 mbar und das Luftvolumen, das die Probe durchströmte, konstant. Während der Durchströmungsmessung sank ein gewichtsbelasteter Faltenbalg nach unten und drückte dabei Raumluft mit definiertem Differenzdruck durch die Probe. Es wurde die Zeit gemessen, bis die gesamte Luft aus dem Faltenbalg durch die Probe hindurch geströmt war. Bei jeder Probe wurde die Luftdurchlässigkeit je viermal auf einer Messfläche von 20 cm² vermessen.



Abb. 86: Textiluhr nach Kretschmer³⁰

1.13.6 Maßänderung der Gewebe in Kett- und Schussrichtung

Auf klimatisierten Gewebeabschnitten (20°C, 65% RH) von 30 x 30 cm wurden in Kett- und Schussrichtung 9 Markierungspunkte wie in Abb. 87 dargestellt aufgezeichnet. Der Abstand der äußeren Punkte in Kett- und Schussrichtung betrug dabei je 25 cm. Die Abstände dieser Punkte wurde nach jeder Klimaänderung vermessen (3x Kett-richtung, 3x Schuss-richtung).



Abb. 87: Prüfung der Maßänderung

Durch das Einlegen eines Gewebes in Wasser werden Spannungen, die noch von der Herstellung des Gewebes vorhanden sind, gelöst. Man bezeichnet das als Relaxationsschrumpf.

Im nassen Zustand sind Gewebe häufig größer als im trockenen Zustand. Dieses Verhalten wird als Hygrale Expansion bezeichnet.

Der Versuchsablauf für die Maßänderung der Gewebe in Wasser ist in Tab. 50 beschrieben.

Tab. 50: Maßänderung im Wasser

Zeit	Klima	Mittlerer Abstand der Markierungspunkte
Nach 24 h im Normklima	20 °C, 65 % Luftfeuchte	
Nach 1 h im Trockenschrank	105 °C	L1
Nach ½ h im Wasser (Wasser + 1 Tropfen Uniperol,)	Anfangstemperatur 37 °C	L2
Nach 1 h im Trockenschrank	105 °C	L3
Nach 24 h im Normklima	20 °C, 65 % Luftfeuchte	

Aus den mittleren Abständen der Markierungspunkte L1, L2 und L3 wurden nach den Formeln in Tab. 51 der Relaxationsschrumpf (RE) und die Hygrale Expansion (HE) berechnet:

Tab. 51: Formeln zur Berechnung der Maßänderung

Relaxationsschrumpf in %	$RE [\%] = 100\% \cdot (L1-L3)/L1$
Hygrale Expansion in %	$HE [\%] = 100\% \cdot (L2-L3)/L3$

1.13.7 Dehnung der Kett- und Schussfäden

Zur Feststellung des elastischen Verhaltens der Gewebe in Kett- und Schussrichtung wurden je 2 Proben von 350 mm Länge und 60 mm Breite fadengerade ausgeschnitten und auf eine Breite von 50 mm ausgeriffelt. Anschließend wurden diese nacheinander mit einer Einspannlänge von 200 mm in das Zweigle Zugprüfgerät eingespannt und mit einer Geschwindigkeit von 20 mm/min bis zu einer oberen Kraftgrenze von 400 N nach DIN 53835 T13 gedehnt. Cabrioverdeckstoffe sollten idealerweise in Kett- und Schussrichtung gleiche Dehnungswerte aufweisen.

1.13.8 Anschmutz- und Waschstraßentest

Eine Simulation des Anschmutzverhaltens von Cabrio-Verdeck-Stoffen in 10cm x 10cm Größe wurde wie folgt durchgeführt:

- Farbmessung am sauberen Cabrio-Verdeck-Stoff
- Tropfentest am sauberen Cabrio-Verdeck-Stoff
- definiertes Anschmutzen des Cabrio-Verdeck-Stoffes mit Normschmutz
- Farbmessung am verschmutzten Cabrio-Verdeck-Stoff
- Reinigen des Cabrio-Verdeck-Stoffes mittels Waschstraßentest
- Farbmessung am gereinigten Cabrio-Verdeck-Stoff
- Tropfentest am gereinigten Cabrio-Verdeck-Stoff

1.13.8.1 Farbmessung mittels Datacolor und Umrechnung in Graumaßstabszahl

Mittels Datacolor wurden die Farben der sauberen, der angeschmutzten und der gereinigten Cabrio-Verdeck-Stoffe instrumentell gemessen. Die CIELAB-Koordinaten für Helligkeit, Buntheit und Farbton wurden von allen Proben bestimmt, daraus die CIELAB-Farbabstände zwischen sauberen und angeschmutzten und zwischen sauberen und gereinigten Stoffen berechnet und diese mittels einer Reihe von Gleichungen in Graumaßstabszahlen umgewandelt. Die Graumaßstabszahl 5 bedeutet keine Farbänderung und die Graumaßstabszahl 1 steht für die stärkste Farbänderung.

Für die weißen Cabrio-Verdeck-Obergewebe wurde außerdem der Graumaßstab für das Anbluten berechnet, da dieser Maßstab von einem weißen Originalgewebe ausgeht, das eingefärbt wird, während der Graumaßstab für die Farbänderung von einem mittleren Farbton ausgeht, der dann heller wird.

1.13.8.2 Anschmutzttest

Die ca. 90 x 90 mm große Gewebeprobe des Ober- oder Unterstoffes wurden auf ein rundes Trägergewebe (Durchmesser 150 mm) aufgenäht und zusammen mit einer Wollfilzunterlage nach DIN 53863-3 im unteren Probenhalter des Martindale Scheuertesters eingespannt. Mit Hilfe eines Spatels wurde je 0,1g Normschmutz (Arizona Feinstaub nach SAE J 726 der Firma KSL Staubtechnik GmbH) durch eine 38 x 38 mm große Öffnung eines Siebes mit der Maschenweite 300µm gleichmäßig auf die Mitte der Probe aufgebracht. Die Verteilung des Normschmutzes auf der Probe erfolgte indem der obere Probenhalter mit einem Baumwoll-Standard-Reibgewebe auf den bestäubten Prüfling gesetzt wurde und mit 1000 Touren und einem Belastungsgewicht von 795g in Form der Lissajous-Figur darüber rieb. Der Prüfablauf ist in den 5 Bildern in Abb. 88 dargestellt.

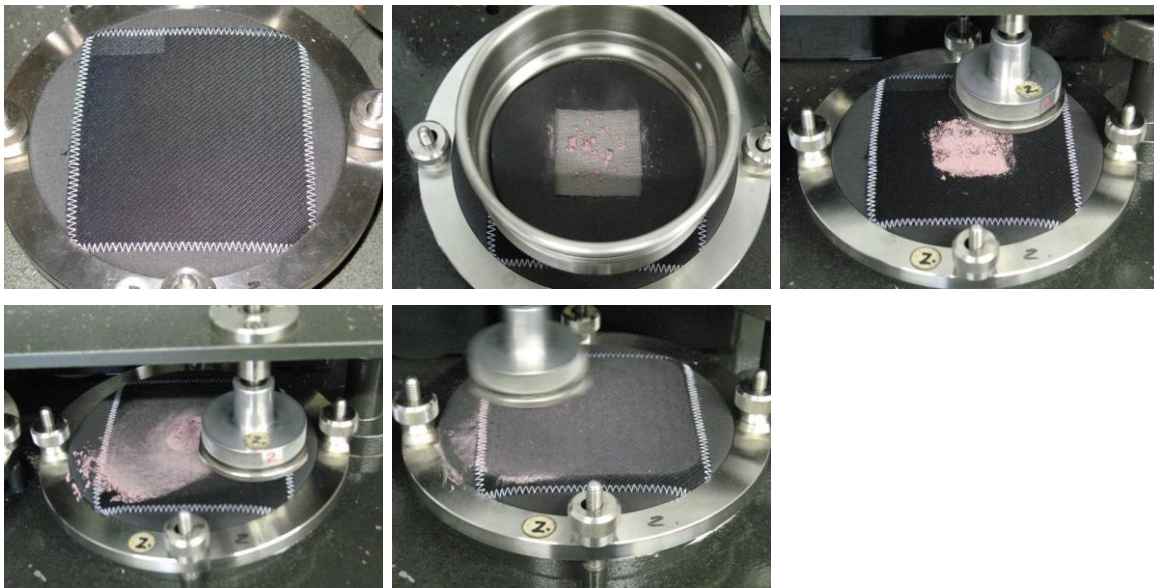


Abb. 88: Anschmutzen der Proben auf dem Martindale Scheuertester

Anschließend wurde der angeschmutzte Prüfling aus dem Martindale-Scheuerprüfer entnommen und die Farbe mittels Datacolor bewertet

1.13.8.3 AMTEC Waschstraßentest³¹

Dieser Test wurde im Auftrag vom IFAM auf einer Laborwaschanlage der Firma mtv Messtechnik oHG durchgeführt. Mit der Labor-Waschanlage (siehe Abb. 89) wird die Beanspruchung einer Oberfläche in automatischen Waschanlagen nach DIN 55668 / ISO 20566 realitätsnah simuliert. Hierzu wird eine Gewebeprobe von 100 x 100 mm unter einer horizontal rotierenden Bürste hin und her bewegt. Um möglichst praxisnahe Ergebnisse zu erzielen und die Prüfung zu beschleunigen, wird dem Waschwasser als Schmutzersatz Quarzmehl beigemischt.



Abb. 89: AMTEC-Waschstrassentest

Eine große Farbänderung des Stoffes beim Anschmutztest indizierte ein hohes Anschmutzverhalten des Stoffes und eine große Farbänderung beim Waschstrassentest indizierte ein geringes Anschmutzverhalten des Stoffes.

In Abb. 90 ist ein Beispiel für das Anbluten eines weißen Cabrioverdeck-Obergewebes mit der Graumaßstabszahl 2-3 fürs Anbluten zu sehen. Abb. 91 zeigt die Farbänderung eines schwarzen Cabrioverdeck-Untergewebes mit der Graumaßstabszahl 2 für die Farbänderung.



vorher



nachher

Abb. 90: Anbluten eines weißen Cabriovertop-Obergewebes



vorher



nachher

Abb. 91: Farbänderung eines schwarzen Cabriovertop-Untergewebes

Nach dem Waschstrassentest wurde an den gewaschenen Geweben ein Tropfentest durchgeführt. Abb. 92 zeigt einen Tropfentest nach dem Waschstrassentest am weißen Cabriovertop-Obergewebe und Abb. 93 den Tropfentest nach dem Waschstrassentest am schwarzen Cabriovertop-Untergewebe.



Abb.92: Tropfentest nach Waschstrassentest am weißen Cabriovertuch-Obergewebe (DWI 66 OPAN 1c alpha)

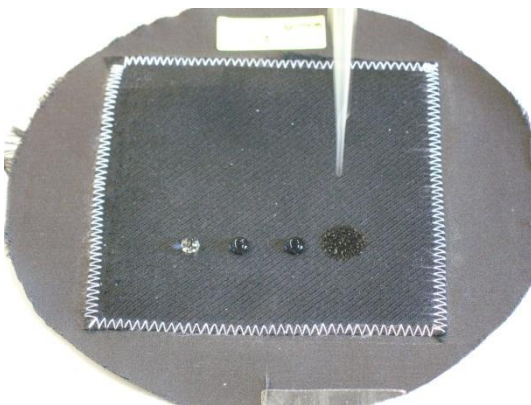


Abb.93: Tropfentest nach Waschstrassentest am schwarzen Cabriovertuch-Untergewebe (DWI 61 UPES 7 H gamma)

1.13.9 Ölabweisung nach AATCC

Die Ölabweisung der Gewebe vor und nach dem Scheuerprozess wurde nach der AATCC-Test-Methode 118-1984 untersucht. Dieser Test benutzt acht Kohlenwasserstoff-Flüssigkeiten (hydrocarbon liquids) mit abfallenden Oberflächenspannungen (surface tension) (s. Tab. 52). Beginnend mit dem Öl mit der geringsten Oberflächenspannung wird mit einer Pipette ein Tropfen aus 0,05ml Lösung vorsichtig auf das Gewebe aufgesetzt und nach einer Beobachtungszeit von 30 sec. wird der Tropfen beurteilt. Bei der Benotung wird die Note des Mediums gegeben, bei dem der Tropfen gerade noch nicht einsinkt. (Note in Klammern = Tropfen sinkt ein).

Tab. 52: Ölabweisungstest - Benotung

Note	Abweisungseigenschaften	Medium	Oberflächenspannung bei 25°C (dynes/cm) ^a
1	sehr schlecht	Nujol-Öl	31,0
2		Nujol-Öl : n-Hexadecan, 65 : 35	28,7
3		n-Hexadecan	27,1
4		n-Tetradecan	26,1
5	mittel	n-Dodecan	25,1
6		n-Decan	23,5
7		n-Oktan	21,3
8	sehr gut	n-Heptan	19,8

1.13.10 Reibechtheit trocken und nass

Farbechtheitsprüfungen gegen Reiben wurden trocken und nass nach DIN EN ISO 105-X12 mit dem Crockmeter durchgeführt. Sie zeigen die Widerstandsfähigkeit der Farbe eines Textils gegen das Abreiben und Anbluten an andere Materialien. Als Reibgewebe wurde ein Standard-Baumwollgewebe trocken (konditioniert bei 20°C und 65% RH) und nass (95 – 100% Aufnahme von destilliertem Wasser) verwendet. Es wurde flach um das Ende eines Zapfens gelegt und mit einer Frequenz von einem Zyklus je Sekunde erfolgte 20-mal auf einer Länge von (104+/-3) mm auf der trockenen Probe in Kettrichtung eine geradlinige Reibbewegung mit 10 Hin- und Herbewegungen und einer abwärts gerichteten Kraft von 9 N. Das Reibgewebe wurde anschließend getrocknet und konditioniert und mittels Datacolor das Anbluten nach der Grauskala (s. Tab. 53) bewertet.

Tab. 53: Benotung der Reibechtheit

Echtheitszahl	Reibechtheit	Anbluten des Reibgewebes
1	sehr schlecht	maximale Farbänderung
2		
3	mittel	mittlere Farbänderung
4		
5	sehr gut	keine Farbänderung

Der Verlauf einer möglichen Beschädigung der Beschichtung zeigte sich durch Durchführung des Ölabweisungstests vor dem Scheuern und nach 50.000 Touren. Eine stufenweise Durchführung wie beim Alkohol- und Wasserabweisungs-Test war nicht möglich, da die Öle den Scheuerprozess beeinflusst hätten.

1.13.10 XPS

Die XPS- (X-ray Photoelectron Spectroscopy) Messungen wurden an einem Ultra Axis Spektrometer (Hersteller: Fa. Kratos Analytical, Manchester, UK) durchgeführt. Hierbei wurden die Proben mit monoenergetischer Al $K\alpha_{1,2}$ Strahlung (1486.6 eV) mit einer Gesamtleistung von 144 W (12kV x 12mA) angeregt. Die spektrale Auflösung, d. h. die an einer PET-Probe bestimmte Halbwertsbreite der Esterkohlenstoff 1s-Linie, betrug bei den hochaufgelösten Elementspektren <0.68 eV. Die Konzentrationen der Elemente werden durchgehend in Atom% angegeben, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Methode alle Elemente mit einer Ordnungszahl $Z > 2$ nachweist. Wasserstoff und Helium können somit nicht nachgewiesen werden und bleiben bei der Bestimmung der Zusammensetzung unberücksichtigt. Die Informationstiefe beträgt ca. 10 nm für polymere Werkstoffe.

1.13.11 Säurebeständigkeittests für die plasmabeschichteten PET-Folien

In einem Teflon-Gefäß, das als Reservoir für doppelt destilliertes Wasser mit einem Rührer diente, wurden 2 Elektroden eingepasst, so dass die Leitfähigkeit des Wassers permanent gemessen werden konnte (Abb. X, rechts). Die beschichteten Folien wurden nun mit der unbeschichteten Seite auf die Vorlage gelegt und mit einem Fixierring so befestigt (Abb. 94, linke Seite), dass die unbeschichtete Seite und das destillierte Wasser in Kontakt waren. Anschließend konnte von oben auf die beschichtete Seite die Säure appliziert werden.

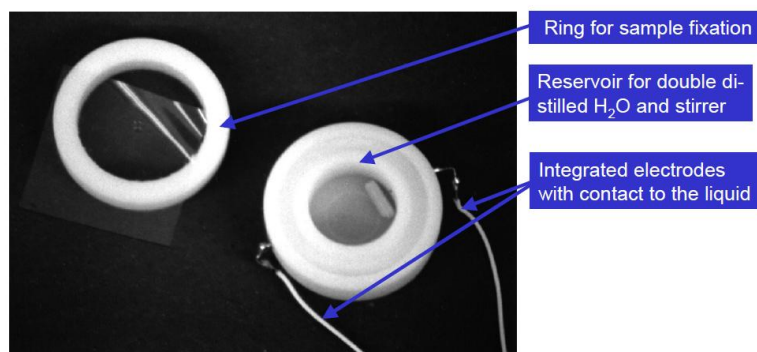


Abb. 947: Device zur Bestimmung der Säurebeständigkeit von beschichteten und unbeschichteten Polymerfolien

2 Verwendung der Zuwendung

Die Zuwendungen wurden gemäß Zuwendungsbescheid vom 14.12.2006 (Förkennzeichen:13N9165) für die Personalausgaben, Dienstreisen und Sonstige allgemeine Verwaltungsausgaben eingesetzt. Kleinere Abweichungen ergaben sich durch Lohnanpassungen.

Dr. Robert Kaufmann leitete DWI-seitig das Nanotex-Projekt, führte die oberflächenanalytische Charakterisierung der nanoskaligen funktionalen Oberflächen mittels XPS durch, extrahierte die Gewebemischungen, analysierte die Extrakte mittels IR-Analyse und bewertete in Zusammenarbeit mit Frau Hupfer-Kempkes sowohl die unbeschichteten als auch die Si-organisch- und die FC-beschichteten Gewebe. Frau Karen Hupfer-Kempkes führte die textiltechnischen Prüfungen der unbeschichteten und plasmabeschichteten Gewebe durch. Frau Silke Ortmann unterstützte Frau Hupfer-Kempkes und Herrn Kaufmann bei der Durchführung ihrer Aufgaben.

3 Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Das Ziel dieses Teilprojektes ist die Charakterisierung der im Plasma abgeschiedenen Schichten und deren Stabilität gegenüber gebrauchsspezifischer Beanspruchung. Aufgrund der hohen Anforderungen für Textilien im Automobilbau hinsichtlich Ausrüstungshomogenität und Wirkungstiefe sowie der noch offenen Fragestellungen in Bezug auf die Beständigkeit der Ausrüstung beim Einsatz des Textils waren im Rahmen des Projektes umfangreiche grundlegende und experimentelle Arbeiten erforderlich. Die nachfolgende Tabelle stellt die Ziele und ihren Status gegenüber:

Auswahl geeigneter Untergewebe mit definierten Griffeigenschaften	erreicht
Auswahl geeigneter Obergewebe mit definierten Griffeigenschaften	erreicht
Niederenergetische Oberflächen	erreicht für plasmatechnisch aufgebraachte Si-org. und FC-Beschichtungen
Schmutz- und ölabweisende Oberflächen	erreicht für plasmatechnisch aufgebraachte FC-Beschichtungen teilweise erreicht für plasmatechnisch aufgebraachte Si-org. Beschichtungen
Mechanische Beständigkeit der Beschichtungen (besser als Referenz; konventionelle FC-Beschichtung)	erreicht für plasmatechnisch aufgebraachte FC-Beschichtungen teilweise erreicht für plasmatechnisch aufgebraachte Si-org. Beschichtungen
Chemische Beständigkeit der Beschichtungen	erreicht
Klimakammertest	konnte nicht durchgeführt werden (Insolvenz Karmann)

4. Zahlmäßiger Nachweis der wichtigsten Positionen

Der Finanzierungsplan wurde der ursprünglichen Planung entsprechend eingehalten.

Der zahlenmäßige Nachweis erfolgte im Mai 2011.

Die Erweiterung des Untersuchungsumfangs in Zusammenhang mit den unegalen Färbungen/Insolvenz Karmann erforderte gegenüber der ursprünglichen Planung eine ausgabenneutrale Verlängerung des Projektes um 12 Monate.

5. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Zwei einschneidende Maßnahmen änderten den ursprünglichen Arbeits- und Zeitplan: Zunächst meldete die Fa. Karmann 2009 Insolvenz an und zum anderen traten Probleme bei der egalten Färbung von Ober- und Untergeweben auf. Mehrarbeiten, die durch diese beiden Ereignisse erforderlich wurden, kompensierten sich durch den Wegfall der Klimauntersuchungen bei Fa. Karmann und waren so insgesamt kostenneutral.

Die im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten stellten unter den o. g. Ergänzungen und Änderungen die Umsetzung der im Forschungsantrag vorgesehenen Arbeitsschritte dar und waren für die Erreichung des Forschungszieles wichtig. Es wurden dabei nur jene Arbeiten geleistet, die unbedingt zur Erreichung des Projektzieles notwendig waren. Der Arbeitsaufwand war somit angemessen.

6. Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

6.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Wesentliche Zielrichtungen für die direkte Verwertung der Ergebnisse im Automotivbereich ergeben sich in zwei Bereichen:

- Schmutzunempfindliche Verdeckstoffe mit leicht zu reinigenden, haftfesten Oberflächen bzw. Interieur-Teile mit diesen Eigenschaften
- Cabrio-Verdecke in der Wagenfarbe

Die Verdeckstoffe zeigen durch nanoskalierte Oberflächenschichten oder Interfaces ein deutlich verbessertes Verhalten hinsichtlich Wasser- und Ölabweisung d. h. gegen Anschmutzen und eine bessere abrasive Beständigkeit. Die vielfältigen Möglichkeiten selektive Oberflächen mit definierten Eigenschaften zu erzeugen und der geringe Ressourceneinsatz durch den Plasma-Prozess sowie die saubere Prozesskette mit geringen Emissionen bieten hierfür eine hervorragende Ausgangsbasis. Durch die Einbindung der gesamten Wertschöpfungskette werden auch Arbeitsmarkteffekte auf der Seite des Anlagenherstellers Diener Electronic erzielt werden können, im Falle von Investitionen in Plasmaanlagen. Im Weiteren kann bei der Ausrüstung der Verdeckstoffe das Unternehmen durch den ressourcenschonenden Einsatz der Plasma-Technologie auf die bisher eingesetzte chemische Ausrüstung der Stoffe mit der hierbei bestehenden Problematik des hohen Wasserbedarfs und des Chemikalieneintrags in das Abwasser verzichten.

Die Umsetzung der Projektergebnisse beim Cabrioverdeckhersteller/Endanwender ergibt die Möglichkeit, auch weitere Produktbereiche des Automobilinnenraums gezielt mit Nanoschichten zu modifizieren und so entweder andere Produktionsprozesse zu substituieren oder Produkti-

onstechniken für eine ressourcenschonende Herstellung von funktionalisierten Oberflächen für das Automobil zu ermöglichen.

Im Rahmen der Verbundteilnehmer kann die vollständige Wertschöpfungskette von der Fertigung über den Anlagenbau bis hin zum Einsatz beim Endanwender für textile und Kunststoffbauteile dargestellt werden. Die im Rahmen des Projektes entwickelten Qualifizierungsmethoden für nanoskalierte Plasmaschichten mit dem Einsatzschwerpunkt Automobiltechnik geben darüber hinaus die technologische Sicherheit und gleichbleibende Standards für die wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse.

Führende Automobil-Zulieferer für Cabrio-Verdecke können die Forschungsergebnisse mit in neue Prozesse/-technologien einfließen lassen bzw. integrieren. Das stark wachsende Marktsegment für Cabrio-Verdecke allein in Deutschland lassen eine breite Verwertung der Ergebnisse zu. Dies ermöglicht der Automobilindustrie in Deutschland mittelfristig ihre technologische Leistungsfähigkeit weiter auszubauen und auch zukünftig der Innovationstreiber in Automobilbereich zu sein.

Die Firma Diener wird als Anlagenhersteller die notwendigen Plasmaanlagen liefern können, um die neuartige Verfahrenstechnik umsetzen zu können. Bei einem typischen Preis für eine Plasmaanlage 200 T€ bis 800 T€ (je nach Kammergröße) ergeben sich deutliche Wachstumspotenziale für das Unternehmen.

Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit sind der Schlüssel für die Standortsicherung der kunststoffverarbeitenden und der Textilindustrie insbesondere als Zulieferer für die Automobilindustrie. Neben einer kostengünstigen, umweltgerechten Produktion stehen dabei Kreativität und Flexibilität im Vordergrund, um auf die Anforderungen des Marktes zu reagieren und innovative Produkte anzubieten. Den vielfältigen Anforderungen an die Produktentwicklung kann durch gezielte Oberflächenmodifizierung Rechnung getragen werden.

6.2 Gesellschaftliche Bedeutung

Die wesentlichen Anwendungen ergeben sich in der Automobilindustrie, wo langfristig Ressourcen eingespart und technologische Kompetenz in den Unternehmen aufgebaut werden kann. Dies wird die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig stärken. Über die Cabrio-Verdeckhersteller können die deutschen Automobilhersteller direkt von den Projektergebnissen profitieren.

Da die technologischen Anforderungen an Beschichtungen und Ausrüstungen von textilen Oberflächen oder Kunststoffoberflächen in der Automobilindustrie sehr hoch sind, können die entwickelten Plasmaverfahren zur Herstellung nanoskaliger Schichten auf viele technische Bereiche übertragen werden.

Eine Beständigkeit gegen Reinigungsmittel oder abrasiven Verschleiß ist in abgemilderter Form bei textilen Oberflächen im Bereich der Möbelindustrie ein wichtiges Thema. Durch prozesstechnische Modifikationen kann in diesem Bereich auch ein Transfer der Ergebnisse in den Innenbereich des Automobils erweitert werden und dort auch auf textile Sitzbezüge erweitert werden. Hier ist insbesondere auch der Sitzkomfort (d.h. die lokale Feuchtigkeitsaufnahme und der -transport) zu berücksichtigen. Auch die Beschichtung von Planen aus technischen Textilien in unterschiedlichste Anwendungen kann im Rahmen des Ergebnistransfers mit eingebunden werden.

Kunststoffbasierte Funktionsteile, die mit kratzfesten Schichten versehen sind, bieten einen Einsatz in allen Gebrauchsgütern der weißen und braunen Ware, da dort im allgemeinen Funktionselemente auf der Basis von Kunststoffbauteilen aufgebaut werden. Somit können die Projektergebnisse in einem sehr breiten Bereich umgesetzt und wertschöpfend genutzt werden.

Zunächst werden durch Fertigung und Vermarktung sowie Anwendung der entwickelten Plasmaverfahren (bzw. der Anlagentechnik) bei den beteiligten Industriepartnern vorhandene Ar-

beitsplätze in Deutschland gesichert und neue geschaffen. Darüber hinaus zeigt das hohe Anwenderinteresse an den Ergebnissen jedoch auch das erhebliche Potential zur Standortsicherung über die Grenzen des Verbundprojektes hinaus.

Zusätzlich wird mit der Umsetzung der Projektziele bei allen Projektpartnern nanotechnologisches Forschungs-, Entwicklungs- und anwendungstechnisches Know-how aufgebaut. Im F&E-Bereich werden Arbeitsplätze gesichert und neue geschaffen. Die deutsche Automobilindustrie ist hier nur ein potenzieller Anwender, stellt aber auf Grund der technologisch weltweit führenden Position einen wichtigen Bereich der Verwertung dar.

Die Plasmaabscheidung nanoskaliger Schutzschichten kann auf viele Technologiebereiche übertragen werden. Die Ergebnisse können sowohl auf den Bereich der Technischen Textilien (z. B. Filterelemente, Medizintechnik, Planen etc.), als auch im Bereich der Möbelindustrie umgesetzt werden. Hier möchte ich noch einmal auf das Schreiben der Fa. Mehler Technologies GmbH vom 15.05.2009 hinweisen, die ein sehr großes Innovationspotenzial im Bereich nanoskaliger Funktionsschichten für die kommenden Jahre sieht. In wie weit eine Umsetzung in den Bereich der Bekleidung möglich ist, muss auf Grund der dort herrschenden starken Preissensibilität geprüft werden.

Wissenschaftlich bieten Plasmapolymerisationsprozesse, die in hohem Maße 3D-Bearbeitungen erlauben, ein weiteres Potenzial kostengünstige Lösungen für Schutzschichten im Wärmetauscherbereich zu entwickeln. Darüber hinaus besteht die Herausforderung derartige Beschichtungen durch die Erhöhung der Abscheiderate weiter zu optimieren. Hier werden neuartige Ansätze notwendig sein, die unter anderem mit den Erkenntnissen dieses Projektes erkennbar werden.

7. Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Nach unserem Kenntnisstand sind von anderer Seite keine neuen Fortschritte dokumentiert worden.

8. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die geplanten Transfermaßnahmen in die Wirtschaft sind nachfolgend tabellarisch unter Angabe des angestrebten Ablaufs und Zeitplans sowie des tatsächlichen Status zusammengefasst.

Zeitraum	Maßnahme	Ziel	Status
Fortlaufend	Informationen an weitere Unternehmen	Vermittlung neuer Erkenntnisse und Ergebnisse über nanoskalige funktionale Beschichtungen	z. B. Fa. Mehler Technologies GmbH
06/2011	Abschlussbericht	Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse	abgeschlossen
Nach Abschluss des Vorhabens			
Fortlaufend	Informationen an weitere Unternehmen	Vermittlung neuer Erkenntnisse, Übertragung auf andere Fragestellungen	
09/2011	DWI Newsletter	Information über Verfügbarkeit des Abschlussberichtes	In Vorbereitung

Zeitraum	Maßnahme	Ziel	Status
08/2011	Internetpräsenz des DWI	Ergebniskurzfassung; Information über Verfügbarkeit und Bezug des Abschlussberichtes	In Planung
9/2011	Nutzerbeirat DWI	Kurzbericht über die Projektergebnisse	
9/2011	Textilsymposium des DWI	Veröffentlichung der Ergebnisse; Darstellung der Anwendung	
11/2011	Posterpräsentation Aachen-Dresden Int. Text. Conf.	Veröffentlichung der Ergebnisse, Darstellung der Anwendung	
12/2011	Veröffentlichung in Fachzeitschriften (z. B. Melliand Textilberichte)	Wiss. Publikation der Ergebnisse; Darstellung der Anwendung	In Planung

Die in diesem Forschungsvorhaben neu gewonnenen Erkenntnisse werden zusätzlich im Rahmen von Textilsymposien und -tagungen sowie Publikationen an die mittelständische Industrie weitergeleitet. Ein Link auf der Homepage des DWI zu einer projektbeschreibenden Website wird eingerichtet.

Literaturverzeichnis

- 1 H. Planck, Cost Action 628, Working Group 3, Final Conference, Tampere (SF) 2005
- 2 H. Thomas, D. Labruier AiF-Forschungsvorhaben 11298 „Verbesserte Gebrauchseigenschaften von Synthese-fasern durch plasmagestützte Polymerisation“, Abschlußbericht 2000
- 3 H. Loh, M. Klausner, R.; Choen Polym. Eng. Sci. 27, 861 (1997)
- 4 E. Occhiello; Angew. Makromol. Chem. 222, 189 (1994)
- 5 T. Masuoka, T. Iwatsubo, K. Mizoguchi; J. Appl. Polym. Sci. 46, 311 (1992)
- 6 N. Inagaki, S. Tasaka, K. Ishii; J. Appl. Polym. Sci. 48, 1433 (1993)
- 7 R. Chen, V. Gorelik, M. Silverstein; J. Appl. Polym. Sci. 56, 615 (1995)
- 8 V. Panchalingam, X. Chen, C. Eberhart; ASAIO Journal 1993
- 9 G. Clarotti, A. Aoumar, J. Sledz; Makromol. Chem. 192, 2581 (1991)
- 10 Y. Kong, X. Lin, Y. Wu, J. Xu; J. Appl. Polym. Sci. 46, 191 (1992)
- 11 S. Oh, Y. Zeng, J. Koo, W. Zurawsky; J. Appl. Polym. Sci. 57, 1277 (1995)
- 12 D. Flösch, G. Clarotti, W. Göpel; J. Polym. Sci.: Part A 31, 1779 (1993)
- 13 T. Yagi, A. Pavlath; J. Appl. Polym. Sci.: Symp. 38, 215 (1984)
- 14 J. Parker, P. Claesson, H. Yasuda; Langmuir 10, 2766 (1994)
- 15 N. Inagaki, S. Tasaka, Y. Takami; J. Appl. Polym. Sci. 41, 965 (1990)
- 16 M. Strobel, S. Corn, C. Lyons, G. Korba; J. Polym. Sci.: Part A: Polym. Chem 25, 1295 (1987)
- 17 Verbundprojekt: Nano-Funktionalisierung von Grenzflächen für Daten-, Textil-, Gebäude-, Medizin-, Bio- und Raumfahrttechnik. In M. Haupt, J. Barz, U. Vohrer, H. Hilgers, C. Oehr; Vakuum in Forschung und Praxis, 17, 329 (2005)
- 18 D. LabruierDiplomarbeit, RWTH Aachen 1998
- 19 D. Labruier, H. Thomas, H. HöckerTectextil Symposium, April 1999, Block 2.2 „Neue Verfahren“, 1
- 20 Nazirul Islam, Fundamental investigations on the barrier effect of polyester micro fiber fabrics towards particle-loaded liquids induced by surface hydrophobization, Dissertation, Technischen Universität Dresden 2004
- 21 H. Yasuda, T.HsuJ. Polym. Sci. 15, 81 (1977)
- 22 H. Yasuda, M. BumgarnerJ. Polym. Sci. 14, 195 (1976)
- 23 M. Morra, E. Occhiello, F. GarbassiJ. Appl. Polym. Sci. 48, 1331 (1993)
- 24 M. KäsemannDissertation, RWTH Aachen 1999
- 25 G. Beamson, D. Briggs, High Resolution XPS of Organic Polymers The Scienta ESCA300 Database), John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore (1992)
- 26 D. Briggs, M.P. Seah, Practical Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy, John Wiley & Sons, Chichester (1988)

- 27 J.F. Moulder, W.F. Stickle, P.E. Sobol, K.D. Bomben, Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy, Perkin Elmer Corporation, Phys. Electr. Division (1992)
- 28 Ing. (grad.) Dagmar Ganssauge, "Alles im Griff? – Bauchentscheidungen bei der Haptikbeurteilung müssen auch bei Maschenwaren nicht sein", Maschen-Industrie S. 17-19 (2/2002)
- 29 Kawabata: Bilder Firma Kato, Japan,
Zug und Shear: http://english.keskato.co.jp/products/kes_fb1.html
Biegung: http://english.keskato.co.jp/products/kes_fb2.html
Kompression: http://english.keskato.co.jp/products/kes_fb3.html
Oberfläche: http://english.keskato.co.jp/products/kes_fb4.html
- 30 Roland Schmidt Elektronik GmbH, Bild von Textiluhr TX 07 Luftdurchlässigkeitsprüfgerät nach Kretschmer
<http://www.rsegmbh-worms.de/Textiluhr%20TX07.htm> (Abgerufen 12.01.2011, 11:09 Uhr)
- 31 mtv messtechnik oHG, Bild der Laborwaschmaschine aus Beschreibung 09-1-1-laborwaschanlage-lwa (April 2008)

Anhang 1

Probenliste der untersuchten Proben

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
1	12/06/2007	Karmann,Frau Schandel	Gewebe dreilagig	Cabrioüberdeckstoff, dreilagig, schwarz, Fluorbeschichtung	2 x 45cm x 70cm		konv. Fluorcarbon (Standard Karmann)
2	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Gewebe dreilagig, schlamm	Cabrioüberdeckkomplex, intern A, 062-1001-002	2 x DIN A4		hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
3	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Gewebe dreilagig, schlamm	Cabrioüberdeckkomplex, intern A, 062-1001-002	2 x DIN A4		hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
4	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Gewebe, beige (gelblich)	Polyestergewebe roh, intern B, 062-1002-002	17cm x 32 cm, 20cm x 32 cm	PES	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
5	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Gewebe, beige	Polyestergewebe roh, intern B, 062-1002-002	17cm x 32 cm, 20cm x 32 cm	PES	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
6	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Gewebe, Streifen	Polyacrylgewebe garnfarbig, intern C, 062-1003-002	2 x DIN A4	PAC	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
7	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Gewebe, Karo	Polyacrylgewebe garnfarbig, intern C, 062-1003-002	2 x DIN A4	PAC	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
8	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3221, "beige", 028-1001-001	1 Spule	70% Polyamid, 30% Aramid	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
9	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3222, "pink", 028-1002-001	1 Spule	50% Polyacryl, 50% Polyamid	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
10	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3223, "aprikose", 028-1003-001	1 Spule	70% Polyester, 30% Aramid	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
11	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3224, "grün", 028-1004-001	1 Spule	70% Polyamid, 30% Aramid	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
12	19/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	Kammgarn Nm 36/2 - roh	W 3225, "orange/weiss", 028-1005-001	1 Spule	50% Polypropylen, 50% Polyamid	hydrophobe Beschichtung auf Fluorbasis mittels Plasmapolymersation
13	17/07/2007	SWU	Gewebe	OPAN 1 C Alpha, Körper 2/1 Obergewebe, Kette Nm 36/2 PAN Ringgarn, Schuß Nm 36/2 OE-Garn, 32 FK 14 FS	75 x 160 cm	PAN	1/2 ohne Schlichte, 1/2 mit Schlichte (mit Rolle aufgetragen), 160g PVA 4g Wachs auf 2kg Flotte
14	31/05/2007	Diener, Dr. Haag	4 C-F-beschichtete Wafer	A_V2, B_V1, B_V2, C_V2	jeweils 1 Stück		C-F beschichtet mit flüssigem Fluormonomer
15	26/06/2007	Visiotex, Hr. Roell	4 Gewebe wie 14 ausgerüstet	A_braun, B, C gestreift, C kariert	jeweils 1 Stück		C-F beschichtet mit flüssigem Fluormonomer
16	26/06/2007	IFAM, Hr. Vissing	1 Referenz, 2 SiOx-beschichtete Si-Wafer	Nullprobe, PA_7160507B, PA_9150507_B			Si-org.-Beschichtung
17	26/06/2007	IFAM, Hr. Vissing	1 PE Referenz, 4 Schichten PA 77160507 A	geschlossenes Gewebe			Si-org.-Beschichtung
18	26/06/2007	IFAM, Hr. Vissing	1 PES-Referenz, 20 Vliese	offenes Gewebe	1, 5, 10, 15, 20. Vlies		Si-org.-Beschichtung

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
19	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 1, K 2/1 S Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 161,6	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
20	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 2, K 1/2 S Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 161,6	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
21	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 3, RL 1/2 (1 und 2 fd) Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm rohbreite 164	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
22	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 4, RL 2/1 (1 und 2 fd) Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 162,5	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
23	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 5, RL 1/1 (2 -1 fd) Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 17,5 Fd/cm Rohbreite 161,5	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
24	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 6, RQ 2/1 Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 166,5	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
25	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 7, K 2/1 1/2 S Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 161,3	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
26	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 8, K 2/2 1/1 S Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 161,6	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne

Anhang 1

Probenliste der untersuchten Proben

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
27	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 9, Fantasie 1 Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 161,5	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
28	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 10, Fantasie 2 Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 162,5	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
29	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 11, Schaftmuster Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 163,5	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
30	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 12, Waffel Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 162	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
31	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 13, Krepp Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 162,3	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
32	19/09/2007	SWU	Cabriooverdeckinnenseite, schwarz gefärbt und thermofixiert	UPES 14, Kautschuk Kette 250 dtex x 2 Ringgarn Schuss 420 dtex Ringgarn Schussdichte 23,5 Fd/cm Rohbreite 164	Gewebeabchnitt	100 % PES	ohne
33	19/09/2007	IFAM, Hr. Vissing	PA9 - 239 - 242	Si-Wafer			Si-org.-Beschichtung
34	19/09/2007	IFAM, Hr. Vissing	PA9 - 239 - 242	Al-bedampft			Si-org.-Beschichtung
35	25/09/2007	IFAM, Hr. Vissing	Gewebe dreilagig	Cabriooverdeckstoff von Karmann, dreilagig, schwarz, Fluorbeschichtung	Gewebeabchnitt		konv. Fluorcarbon (Standard Karmann)
36	15/10/2007	Karmann,Frau Schandel	Untergewebe einlagig	Cabriooverdeck-Untergewebe unbeschichtet	Gewebeabchnitt		
37	15/10/2007	Karmann,Frau Schandel	Obergewebe gummiert	Cabriooverdeck-Obergewebe einseitig gummiert	Gewebeabchnitt		

Anhang 1

Probenliste der untersuchten Proben

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
38	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß	1 A alpha (Köper, Ringgarn x2)	Gewebeabchnitt	100 % PAN	
39	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß	5 A alpha (Rips, Ringgarn x2)	Gewebeabschnitt	100 % PAN	
40	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß	24 A alpha (Kreuzköper, Ringgarn x2)	Gewebeabschnitt	100 % PAN	
41	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß	1 B alpha (Köper, Ringgarn x3)	Gewebeabschnitt	100 % PAN	
42	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß	1 C alpha (Köper, OE-Garn x2)	Gewebeabschnitt	100 % PAN	
43	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß	1 D alpha (Köper, OE-Garn x3)	Gewebeabschnitt	100 % PAN	
44	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß		60 weitere Gewebeabschnitte	100 % PAN	
45	24/10/2007	SWU	Obergewebe weiß		46 Gewebeabschnitte	100 % PES	
46	09/01/2008	IFAM, Hr. Vissing	Untergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster UPES 8 PA9171207 A	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung, weiche Beschichtung
47	09/01/2008	IFAM, Hr. Vissing	Untergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster UPES 8 PA9171207 B	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung, mittlere Beschichtung
48	09/01/2008	IFAM, Hr. Vissing	Untergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster UPES 8 PA9171207 C	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung, harte Beschichtung
49	08/02/2008	IFAM, Hr. Vissing	Obergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster OPAN 1 A alpha PA9050208	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
50	08/02/2008	IFAM, Hr. Vissing	Obergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster OPAN 24 A alpha PA9050208	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
51	08/02/2008	IFAM, Hr. Vissing	Obergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster OPAN 1 C alpha PA9050208	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
52	08/02/2008	IFAM, Hr. Vissing	Obergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster OPAN 7 C alpha PA9050208	2 x ca. 23 x 23 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
53	29/05/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster UPES 7H gamma	1x ca. 19 x 13 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung (vor Plasmabehandlung mit Aerosol bedampft)
54	29/05/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster OPAN 1C alpha	1x ca. 19 x 13 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung (vor Plasmabehandlung mit Aerosol bedampft)
55	05/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster UPES 7H gamma	3x ca. 15 x 15 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung (vor Plasmabehandlung mit Aerosol bedampft)
56	05/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	Stoffmuster OPAN 1C alpha	3x ca. 15 x 15 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung (vor Plasmabehandlung mit Aerosol bedampft)

Anhang 1

Probenliste der untersuchten Proben

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
57	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_A	3x ca. 10 x 10 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung
58	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	OPAN 1C alpha Charge PA9270608_A	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
59	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_B	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung
60	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	OPAN 1C alpha Charge PA9270608_B	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
61	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_C	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung
62	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	OPAN 1C alpha Charge PA9270608_C	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
63	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_D	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung
64	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	OPAN 1C alpha Charge PA9270608_D	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
65	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Untergewebe mit Beschichtung	UPES 7H gamma, Charge PA9270608_E	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PES	Si-org.-Beschichtung
66	30/06/2008	IFAM, Fr. Schütte	Obergewebe mit Beschichtung	OPAN 1C alpha Charge PA9270608_E	1x ca. 10 x 10 cm	100 % PAN	Si-org.-Beschichtung
67	14/01/2009	IFAM; Hr. Vissing	Arizona Staub fein	Chargennummer 08.0107.50-4	0,5 kg		
68	17/02/2009	Diener, Fr. Bort	Karmann-Standard-Verbundgewebe mit Plasmabehandlung	V1	1 x DIN A4		FC-beschichtet, rechte und linke Wareseite
69	17/02/2009	Diener, Fr. Bort	Karmann-Standard-Verbundgewebe mit Plasmabehandlung	V2	1 x DIN A4		FC-beschichtet, rechte und linke Wareseite
70	17/02/2009	Diener, Fr. Bort	Karmann-Standard-Verbundgewebe mit Plasmabehandlung	V3	1 x DIN A4		FC-beschichtet, rechte und linke Wareseite
71	17/02/2009	Diener, Fr. Bort	Karmann-Standard-Verbundgewebe mit Plasmabehandlung	V4	1 x DIN A4		FC-beschichtet, rechte und linke Wareseite
72	17/02/2009	Diener, Fr. Bort	Karmann-Standard-Verbundgewebe mit Plasmabehandlung	V09-2 hydrophobiert	1 x DIN A4		FC-beschichtet, rechte und linke Wareseite
73	25/05/2009	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	Beschichtungsversuch A (ungleichmäßige Färbung), PES-Gewebe nicht optimal gefärbt	4 x DIN A4	PES	

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
74	30/06/2009	Diener, Fr. Schubert	Cabriooverdeck-verbundgewebe	C	2 x DIN A4	PES	FC-beschichtet, rechte und linke Wareenseite
75	30/06/2009	Diener, Fr. Schubert	Cabriooverdeck-verbundgewebe	V09-14	1 x DIN A4	PES	FC-beschichtet, rechte und linke Wareenseite
76	30/06/2009	Diener, Fr. Schubert	Cabriooverdeck-verbundgewebe	V09-13 beidseitig behandelt	1 x DIN A4	PES	FC-beschichtet, rechte und linke Wareenseite
77	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriooverdeck-Obergewebe	069-02601-01 Rolle 1 SWU / Teilabschnitt schwarz Stückgefärbt Färbeversuch Lindenfarb	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, A, V410
78	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriooverdeck-Obergewebe	069-02602-01 Rolle 3 SWU / Teilabschnitt schwarz Stückgefärbt 600395 Färbeversuch Lindenfarb	1 x DIN A4	K: PA S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, A, V411
79	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriooverdeck-Obergewebe	069-02603-01 Rolle 4 SWU / Teilabschnitt schwarz Stückgefärbt 600396 Färbeversuch Lindenfarb	1 x DIN A4	K: PA S: PA	konv. Si-org. Beschichtung, A, V412
80	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriooverdeck-Obergewebe	069-02501-01 gelb Stückgefärbt Färbeversuch	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, B, V311
81	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriooverdeck-Obergewebe	069-02502-01 grün Stückgefärbt Färbeversuch	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, B, V312
82	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriooverdeck-Obergewebe	069-02503-01 orange Stückgefärbt Färbeversuch	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, B, V313

Anhang 1

Probenliste der untersuchten Proben

DWI Nr.	Datum	von	Probe	Bezeichnung	Menge	Mischung	Beschichtung
83	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02101-01 schwarz gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V41, Beschichtungsversuch
84	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02102-01 schwarz gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V42, Beschichtungsversuch
85	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02103-01 schwarz gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V43, Beschichtungsversuch
86	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02104-01 schwarz gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V44, Beschichtungsversuch
87	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02105-01 schwarz gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V45, Beschichtungsversuch
88	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02106-01 schwarz gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V46, Beschichtungsversuch
89	09/08/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-verbundgewebe	069-02120-01 wiesmannblau gefärbt / beschichtet	1 x DIN A4	K: PES S: PES	konv. Si-org. Beschichtung, C, V60, Beschichtungsversuch
90	22/02/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-Obergewebe	schwarz	4 x DIN A4		Beschichtungsversuch "Serie D" nicht im Plasma behandelt
91	22/02/2010	Visiotex, Hr. Roell	Cabriovertdeck-Obergewebe	schwarz	4 x DIN A4		Beschichtungsversuch "Serie D" nicht im Plasma behandelt